

Jjcab 2015



Journées Jeunes Chercheurs en
vibrations, Acoustique et Bruit

5^{ème} édition – Besançon FEMTO-ST

LIVRET D'ACCUEIL

5 – 6 Novembre 2015

Préambule

Organisées par des doctorants et en partenariat avec la société française d'acoustique (SFA) et l'association française de mécanique (AFM), les Journées Jeunes Chercheurs en vibrations, Acoustique et Bruit (JJCAB) ont pour objectif de réunir les acteurs de la recherche en acoustique et vibrations. Se tenant cette année à Besançon, elles permettent aux jeunes chercheurs de présenter leurs travaux sous la forme de présentations flash de 3 minutes et de posters.

Ce livret regroupe toutes les informations utiles pour ces 2 journées. Vous y trouverez, les informations concernant les repas, le logement, l'hébergement ainsi que le programme, la répartition des sessions et les résumés.

Nous vous souhaitons un bon séjour à Besançon.

Le comité d'organisation



1 Introduction

Institut FEMTO-ST

L'institut FEMTO-ST (Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies) est une Unité Mixte de Recherche associée au CNRS (UMR 6174) rattachée simultanément à l'Université de Franche-Comté (UFC), l'Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et de Microtechniques (ENSMM), et l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM). FEMTO-ST a été créé le premier janvier 2004 par la fusion de 5 laboratoires de Franche-Comté actifs dans les domaines de la mécanique, de l'optique et des télécommunications, de l'électronique, du temps-fréquence, de l'énergétique et de la fluïdique. En 2008, de nouvelles thématiques et donc de nouvelles équipes intègrent l'institut. Elles viennent compléter ou renforcer le panel déjà riche de FEMTO-ST dans les domaines de l'automatique et de la microrobotique, des matériaux et surfaces et de l'énergie. En 2012, l'institut élargit encore ses compétences et s'enrichit d'un nouveau département de recherche "Informatique des Systèmes Complexes". Au sein du CNRS, l'institut FEMTO-ST est rattaché à l'Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes (INSIS). Il regroupe des compétences variées et complémentaires, et cultive la pluridisciplinarité, le souci de l'excellence scientifique et de l'innovation.

5B, Avenue des Montboucons - 25030 Besançon Cedex - Tél : (+33) 3 63 08 24 00

Département de mécanique appliquée

La structure du département répond à une organisation en thèmes de son activité de recherche. Un thème est le regroupement de compétences au service d'un sujet élu pour son positionnement scientifique et ses impacts économiques et sociétaux. Inscrit dans une logique d'amélioration continue, le fonctionnement du département doit servir le plus efficacement la production scientifique du chercheur. L'ensemble des moyens expérimentaux et de calcul est réparti dans les pôles techniques, comprenant 4 pôles expérimentaux : Matériaux et structures, Microcaractérisation, Mise en Forme, Vibrations et Acoustique et un pôle de Calcul Scientifique. Le département dispose d'une Cellule d'Ingénierie et de transfert (CIT), permettant l'accès des entreprises, notamment locales, aux moyens et développements du département. Le département Méc'Appli compte 10 thèmes de recherche répartis sur 2 axes fédérateurs qui représentent des périmètres projets au sein desquels interagissent des thèmes indépendants et complémentaires : Conception Intégrée Matériau-Process-Produit et Structures Communicantes et Contrôlées.

24, rue de l'Epitaphe - 25000 Besançon - Tél : (+33) 3 81 66 60 00

2 Informations utiles

Vous êtes attendu pour les JJCAB au bâtiment FEMTO-ST, 5B, Avenue des Montboucons, 25000 Besançon le jeudi 5 novembre à 10h. Les posters seront récupérés par les organisateurs à ce moment là.

Une visite du département Mécanique Appliqué est prévue jeudi matin la matinée, nous nous y rendrons à pieds, les bâtiments étant quasiment adjacents (voir fig. 1).



FIGURE 1 – Plan du campus

Pour le déjeuner du jeudi midi, vous êtes conviés à un buffet qui aura lieu dans le hall du bâtiment FEMTO-ST à 12h.

L'après-midi se déroulera comme indiqué dans le programme, une conférence plénière assurée par Scott Cogan dans l'amphi FEMTO-ST suivie de 2 sessions Présentations "flash" + Posters.

En fin de journée, vous pourrez déposer vos affaires dans vos chambres à Ethic Etapes CIS.

Le soir, le transport du campus à la brasserie se fera par vos propres moyen (bus, voiture, vélo ...). Il s'agit de la brasserie du Commerce, 33 rue des Granges, 25000 Besançon (voir fig. 2 et 3).

Il y aura à disposition 2 navettes, prises en charge par l'organisation pour rentrer du centre ville vers le centre d'hébergement CIS. Les navettes partent de l'arrêt Granvelle à 0h30 et 2h00.

Les jeunes conférenciers seront hébergés à Ethic Etapes CIS, **3 Avenue des Montboucons, 25000 Besançon** (voir vue aérienne fig. 4)

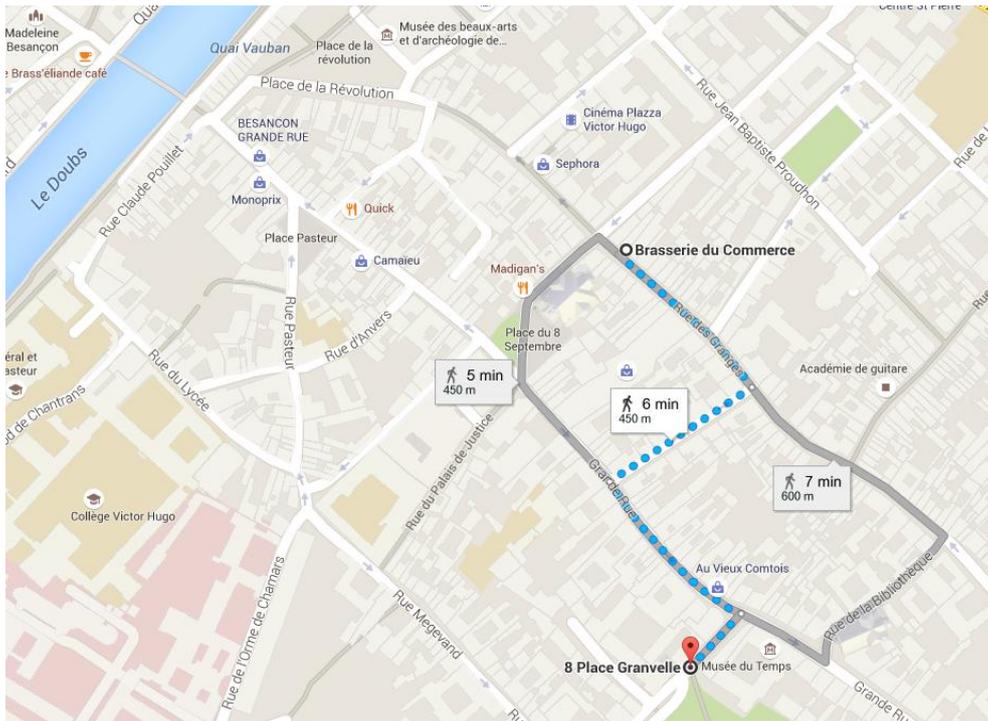


FIGURE 2 – Plan du centre ville



FIGURE 3 – Brasserie du Commerce

La conférence reprendra vendredi 6 novembre à 8h au bâtiment FEMTO-ST. La matinée se déroulera comme indiqué dans le programme, une conférence plénière assurée par Arnaud Duval dans l'amphi FEMTO-ST suivie de 2 sessions Présentations "flash" + Posters.

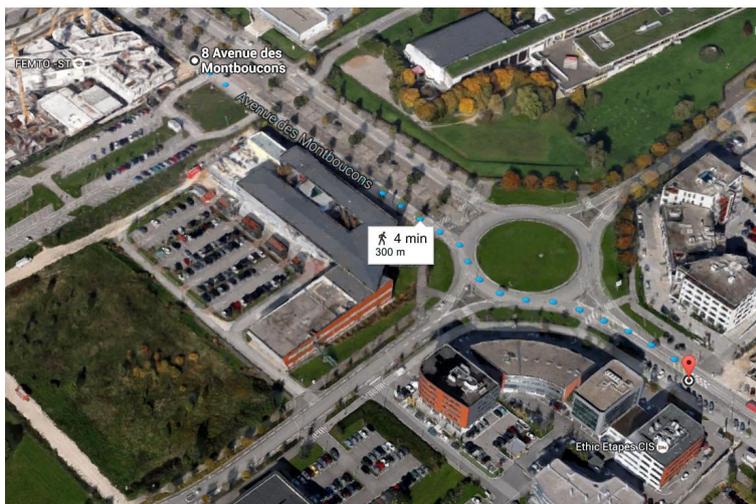


FIGURE 4 – Hébergement jeunes conférenciers Ethic Etapes CIS

Pour le déjeuner du vendredi midi, vous êtes conviés à un buffet qui aura lieu dans le hall du bâtiment FEMTO-ST à 13h.

La session de clôture aura lieu à la fin du déjeuner vers 14h et sera suivie de la visite de l'institut FEMTO-ST.

3 Programme

	Jeudi 5 Novembre	Vendredi 6 Novembre	
		Accueil + Café	8h
		Conférence plénière : Arnaud Duval	8h15
		Présentation flash	9h00
		Session III	
10h	Accueil et Visite du Département Mécanique Appliquée	Posters	10h00
		Session III + Café	
		Présentation flash	11h00
		Session IV	
12h	Déjeuner	Posters	12h00
		Session IV	
13h30	Mot de Bienvenue	Déjeuner	13h00
13h45	Conférence plénière : Scott Cogan		
		Remise des prix / Clôture	14h
14h30	Présentation flash	Visite de l'institut FEMTO-ST	14h30
	Session I		
15h30	Posters		15h30
	Session I + Café		
16h45	Présentation flash		
	Session II		
17h45	Posters		
	Session II		
18h45	Dépôt des affaires aux CIS ou hôtels		
19h	Départ pour le restaurant		

4 Conférences plénières

Chaque demi-journée est ouverte par une conférence plénière assurée par un grand nom du monde scientifique ou industriel. Pour cette édition, **Arnaud Duval** (Faurecia Acoustics and Soft Trim Division) et **Scott Cogan** (Institut FEMTO-ST, Département de Mécanique Appliquée) partageront leurs savoirs les jeudi 5 et vendredi 6 novembre.

4.1 Arnaud Duval



Arnaud Duval obtained his mechanical engineering degree in the French Grande Ecole "l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers" in Angers / Paris, then pursued with one year specialisation in acoustics (research master) by graduating "le DEA d'Acoustique Appliquée" of the "Université du Maine" in Le Mans, France. He has more than 15 years experience in vehicle vibro-acoustics and semi-structural composites with various positions as acoustic manager and expert. Since 2008, he is in charge of the Acoustic Research and Innovation department of the Faurecia Acoustics and Soft Trim Product Line for all european and japanese carmakers and is based in the Acoustic TechCenter in Mouzon, France. In 2012, he has been nominated "Senior Expert" in the field of acoustics for the Faurecia Group.

4.2 Scott Cogan



Scott Cogan received his Bachelor's and Master's degree in Mechanical Engineering from the University of Michigan followed by his PhD at the University of Franche-Comté. He has been a research fellow with the CNRS-France since 1992 and is currently head of the Robust Design and V&V research group at the Department of Applied Mechanics of the FEMTO-ST Institute in Besançon, France. He has contributed to over 150 scientific papers in international journals and conferences, advised 25 PhD's, and participated in nearly 40 national and internationally funded research projects with industrial partners such as the CNES-Toulouse, EDF-Clamart, SAFRAN, and PSA-Vélizy.

5 Résumés

5.1 Session I - Jeudi 5 Novembre - 14h30

- 1) **Souha Kassab**, LVA INSA LYON, CEA, AREVA, Formation de Voies vibro-acoustique pour la détection d'une RSE : étude de l'impact des brides de fixation
- 2) **Raïssa De Melo Brandao**, ACOEM, LVA, Etude préliminaire sur la détection des amorces de fissures des structures vibrantes
- 3) **Kévin Billon**, DMA FEMTO-ST, LTDS, Propagation d'ondes dans un métamatériau avec perforations hiérarchiques auxétiques
- 4) **Vivien Denis**, LAUM, Effets de diffusion induits par des défauts dans une terminaison Trou Noir Acoustique
- 5) **Charly Faure**, LAUM, LVA, Identification de source vibratoire par approche Bayésienne
- 6) **Kaijun Yi**, LTDS ECL, Focusing flexural wave on thin plate by using smart metacomposite
- 7) **Zakaria Zergoune**, LTDS, LGM FST FES, LERSIM EMI, Parametric analysis on the transmission loss of honeycomb structure using a meso-macro approach
- 8) **Clara Issanchou**, DALEMBERT UMPC, IMSIA, Etude du contact corde / frette
- 9) **Martin Ghienne**, LMSSC Cnam, Caractérisation robuste du comportement vibratoire d'une structure en présence de paramètres incertains
- 10) **Changwei Zhou**, LTDS ECL, ICJ ECL, Wave propagation feature identification in perforated plates
- 11) **Aroua Fourati**, LaMCoS, La2MP, Modélisation électromécanique sous approche angulaire pour identification de la voie de transfert d'un défaut de roulements aux
- 12) **Paul Lépine**, FEMTO-ST, SNECMA-SAFRAN, Calibration robuste d'un modèle d'aube de turbine composite à matrice céramique : application phénoménologique
- 13) **André Baramili Fleury de Amorim**, VibraTec and P' Institut - Université de Poitiers, Flow-Induced Vibrations on elbowed ducts conveying dense fluids
- 14) **Jérémie Derré**, ONERA, DMAE, Conception vibro-acoustique de panneaux composites intégrant des structures fractales
- 15) **Timothée Leblond**, IRT SystemX, DMA FEMTO-ST, LISMMA, Optimisation de formes paramétriques basée sur la sensibilité d'une physique par rapport à des paramètres CAO

Formation de Voies vibro-acoustique pour la détection d'une RSE : étude de l'impact des brides de fixation

Souha Kassab^a, Laurent Maxit, Jean-Louis Portier, Alain Gerber
LVA INSA LYON, CEA, AREVA

a. souha.kassab@insa-lyon.fr

Résumé : *La thèse s'inscrit dans le cadre des études de sûreté pour les réacteurs nucléaires à neutrons rapides refroidis au sodium liquide. Ces réacteurs présentent une problématique au niveau du générateur de vapeur à cause de la possibilité d'une réaction entre l'eau et le sodium. On cherche alors à développer une méthode de détection vibro-acoustique passive d'une microfuite de l'eau dans le sodium. Le bruit de fond très important et large bande risque de mettre en cause une technique de détection basée sur le dépassement de seuil de l'énergie vibratoire. La technique de « Formation de Voies » est donc considérée pour augmenter le rapport signal à bruit de la réaction par rapport au niveau de bruit de fond dans la centrale. Une première thèse a permis de valider le concept d'une détection à partir de mesures vibratoires par une antenne d'accéléromètres en considérant un modèle simplifié composé d'une coque cylindrique supposée infinie dans la direction axiale et remplie d'un fluide lourd. Les premiers travaux concernant cette présente thèse visent à étudier l'influence des brides de fixation du cylindre sur les performances de la formation de voies. Un modèle vibro-acoustique a été développé à cette fin. La méthode des admittances circonférentielles nous permet de coupler un modèle numérique de la coque remplie d'un fluide lourd avec des modèles de brides. A partir de comparaisons du déplacement transversal sans et avec brides, on met en évidence l'influence de ces dernières sur différentes caractéristiques influençant la formation de voies : courbes de dispersion opérationnelle décrivant le comportement vibratoire du système couplé, homogénéité du champ spatial vibratoire en présence des brides, variation du gain d'antenne selon la fréquence d'excitation, et fonction de directivité.*

Mots-clés : NaN

Etude préliminaire sur la détection des amorces de fissures des structures vibrantes

Raïssa De Melo Brandao^a, François Girardin, Nacer Hamzaoui, Pascal Vouagner,
Thierry Mazoyer
ACOEM, LVA

a. raissa.de-melo-brandao@insa-lyon.fr

Résumé : *Dans toutes les industries, la maintenance est un facteur essentiel de compétitivité et de performance. Entres les différentes politiques existantes, la maintenance conditionnelle se distingue par la mise en place d'une technique de surveillance, dont l'objectif est d'évaluer en permanence l'intégrité de l'outil de production, afin d'intervenir uniquement au moment le plus opportun. Dans ce contexte, notre objectif est de développer, d'implémenter et d'évaluer des techniques de détection d'amorces de dégradations lentes des structures vibrantes.*

Ce papier présente la première étape de cette recherche, où nous travaillons sur une poutre soumise à des sollicitations dynamiques de fatigue, tout en mesurant sa réponse vibratoire jusqu'à la rupture. L'idée est de suivre l'évolution du comportement dynamique de la structure qui aura été exposée à des situations endommageantes de plus en plus sévères. Initialement, nous nous sommes concentrés sur les indicateurs temporels et fréquentiels issus de la littérature.

Les premières analyses ont mis en évidence le changement de comportement de la structure avec l'endommagement. En analyse temporelle, le facteur-k semble l'indicateur le plus cohérent avec cette évolution. L'analyse spectrale montre que les fréquences propres de la poutre se déplacent vers les basses fréquences avec l'apparition et la propagation de la fissure, en raison d'une réduction locale de la rigidité.

En conclusion de cette étude préliminaire, il est évident que l'évolution du comportement dynamique de la structure est lente pendant son endommagement mais, une fois que la fissure est apparue et se propage, l'évolution devient très rapide, ce qui doit être pris en compte dans le contexte de surveillance. Pour cette raison, les indicateurs initialement testés semblent peu robuste pour notre cas d'école, dont le point fort est la maîtrise des excitations à l'inverse de la réalité industrielle. Dans les prochaines étapes de cette recherche, l'étude sera approfondie et une structure plus représentative (de géométrie plus complexe et soumise à des chargements variables) sera investiguée afin de tester l'applicabilité des indicateurs choisis, l'objectif final étant de les mettre en oeuvre sur des machines réelles complexes.

Mots-clés : surveillance, fatigue, fissure, analyse vibratoire.

Propagation d'ondes dans un métamatériau avec perforations hiérarchiques auxétiques

Kévin Billon^a, Morvan Ouisse, Fabrizio Scarpa, Emeline Sadoulet-Reboul,
Manuel Collet

DMA FEMTO-ST, LTDS

a. kevin.billon@femto-st.fr

Résumé : *Les travaux présentés sont consacrés à la compréhension des phénomènes ondulatoires se produisant dans un métamatériau comprenant des perforations rectangulaires, hiérarchiques et auxétiques. Les matériaux auxétiques sont des matériaux avec un coefficient de poisson négatif et qui possèdent la spécificité de s'élargir lors d'un test de traction uniaxial.*

Le métamatériau consiste en une plaque formée d'un enchaînement de perforations rectangulaires horizontales et verticales dans les 2 directions du plan de la plaque. La cellule élémentaire de ce réseau périodique est ainsi formée (niveau 0), les niveaux hiérarchiques suivants sont composés d'une répétition de ce motif à une échelle inférieure et ainsi de suite pour avoir un effet fractal.

Une étude des ondes se propageant dans le réseau ainsi constitué est réalisée à l'aide des outils de calcul de valeurs propres implémentés dans le logiciel Comsol. L'analyse des diagrammes de dispersion obtenus montre que la largeur de bandes interdites cumulée augmente avec le niveau hiérarchique.

L'influence des paramètres géométriques de la cellule sur la dispersion et les propriétés mécaniques de la structure est investiguée en utilisant une méthode d'homogénéisation. Les résultats sont adimensionnalisés, normalisés par la fréquence du premier mode d'une plaque de mêmes dimensions en incluant la porosité, induite par les perforations dans les propriétés mécaniques. Les paramètres géométriques retenus pour caractériser la structure sont l'espacement entre deux perforations, le ratio caractéristique des dimensions de la perforation et le niveau hiérarchique.

Le tracé des déformées de la structure montre que l'effet auxétique est lié à la rotation des quatre carrés rigides de la cellule élémentaire. Cette rotation est facilitée par la hiérarchie, ce qui conduit à une réduction de la rigidité. Cependant une amplification du phénomène auxétique du métamatériau est alors observée.

La diminution de l'espacement entre deux perforations conduit à une augmentation de la largeur de bandes interdites cumulée et une diminution de la rigidité. Le ratio caractéristique des dimensions de la perforation affecte peu la rigidité. La hiérarchie permet de passer d'un matériau isotrope au niveau 0 à orthotrope pour les niveaux suivants. De plus, l'effet auxétique est amplifié avec la diminution de l'espacement entre deux perforations.

Mots-clés : Périodique, perforations, hiérarchie, auxétique, propriétés mécaniques, homogénéisation.

Effets de diffusion induits par des défauts dans une terminaison Trou Noir Acoustique

Vivien Denis^a, François Gautier, Adrien Pelat

LAUM

a. vivien.denis@univ-lemans.fr

Résumé : *L'effet Trou Noir Acoustique (TN) est une technique passive d'amortissement de vibrations basée sur les propriétés des ondes de flexion dans des structures fines d'épaisseur variable. L'implémentation habituelle consiste en une plaque avec une extrémité profilée selon une loi exponentielle, recouverte d'un film viscoélastique. L'inhomogénéité de la structure conduit à une baisse de la célérité et une augmentation de l'amplitude des ondes de flexion, ce qui a pour conséquence une dissipation d'énergie efficace quand un film amortissant est placé dans la zone de faible épaisseur. La fabrication d'extrémités performantes est difficile à cause des faibles épaisseurs, et génère souvent des imperfections et des déchirures. De plus, des travaux précédents suggèrent que des modes de flexion sont propagatifs dans la largeur de l'extrémité TN. Un modèle de terminaison TN comme un guide d'onde multimodal prenant en compte une terminaison imparfaite est développé. Il permet de montrer qu'un défaut élémentaire peut affecter le coefficient de réflexion de l'extrémité et le réduire. Les propriétés de propagation et de diffusion de l'extrémité sont également étudiées. Un mode incident excite plusieurs modes localisés dans la région profilée et des résonances locales expliquent les baisses du coefficient de réflexion. L'influence du défaut sur le coefficient de réflexion est mise en évidence expérimentalement. Cette étude montre notamment que les défauts de fabrication ne sont pas préjudiciables à l'effet TN.*

Mots-clés : vibration, trou noir acoustique, défaut, guide d'onde.

Identification de source vibratoire par approche Bayésienne

Charly Faure^a, Charles Pézerat, Jérôme Antoni, Frédéric Ablitzer

LAUM, LVA

a. charly.faure@univ-lemans.fr

Résumé : *Afin d'améliorer la sécurité mais aussi le confort vibratoire et acoustique des véhicules routiers, tout en respectant les objectifs d'allègement des structures, il est nécessaire d'appliquer des traitements spécifiques aux sources solidiennes actives. Ce travail traite de l'étape préliminaire de caractérisation des sources en vue de ces traitements. Utiliser un capteur de force à l'interface entre la source et la caisse du véhicule mènerait à une identification biaisée de la puissance injectée car le transfert entre deux sous structures dépend de leur admittance relative. Dans ce cas, le capteur de force serait trop intrusif.*

La méthode choisie pour la caractérisation, nommée RIFF pour « Résolution Inverse Filtrée Fenêtrée », est basée sur la mesure du champ de déplacement transverse de la structure réceptrice et sur la connaissance locale de l'opérateur de structure. Cela permet dans un premier temps la localisation des sources en calculant la distribution d'effort. Dans un second temps, la quantification de chaque source est obtenue par intégration spatiale autour de chaque source.

Comme elle infère les sources à partir de ses conséquences, la méthode RIFF fait partie des méthodes inverses. Ce type de méthode est connu pour être mal conditionné, c'est-à-dire qu'une faible variation des données d'entrée (due au bruit de mesure) induit une large variation des données de sortie (les sources). Une étape de régularisation est donc nécessaire pour contraindre les sources reconstruites à avoir un comportement physique. Dans ces travaux, cette étape est réalisée avec un point de vue probabiliste, par le formalisme Bayésien, qui introduit une probabilité a priori sur les sources. En fonction de ces informations a priori (positivité, parcimonie, etc.), la régularisation peut être adaptée aux spécificités de chaque problème. La solution du problème inverse est ensuite obtenue en cherchant le maximum de la probabilité a posteriori (MAP) sur les sources. De plus, des méthodes numériques telles que les Monte Carlo par Chaines de Markov (MCMC) permettent d'inférer l'ensemble de la probabilité a posteriori sur les sources, donnant alors un intervalle de confiance en plus de la solution régularisée.

Ces méthodes RIFF et bayésienne seront introduites sur structures académiques.

Mots-clés : Source solidienne, RIFF, problème inverse, bayes.

Focusing flexural wave on thin plate by using smart metacomposite

Kaijun Yi^a, Manuel Collet, Mohamed Ichchou
LTDS ECL

a. kaijun.yi@doctorant.ec-lyon.fr

Résumé : *Focusing effects for flexural wave on thin plate are obtained by using smart metacomposite. One unit cell of this smart metacomposite is constructed by bonding piezoelectric patches to the upper and lower surfaces of a plate respectively and shunting these piezoelectric patches with circuits. The effective dynamical parameters of this smart metacomposite are determined as a function of the shunting impedance by using homogenization method under long wavelength assumption. The refractive index perpendicular to the incident direction of a plane wave is designed as a hyperbolic secant distribution, this is realized by delicately choosing shunting impedances for the unit cells at different locations. Numerical results show that flexural wave can be efficiently focused beyond the smart metacomposite zone at a large frequency range and the focal point can be easily changed by designing the shunting impedances.*

Mots-clés : NaN

Parametric analysis on the transmission loss of honeycomb structure using a meso-macro approach

Zakaria Zergoune^a, M. Ichchou, B. Harras, R. Benamar
LTDS, LGM FST FES, LERSIM EMI

a. zergoune.uni@gmail.com

Résumé : *The sandwich structure is widely used in several sectors especially in the transportation industries such as launcher, planes, cars, trains and so on and so forth. This trend is imposed by demands for high load capacity and reduced fuel consumption. The sandwich material consists of a lightweight thick core bonded by a pair of stiff thin face-sheets which offers a high ratio stiffness-weight. However, from the vibro-acoustic side, the increasing of the stiffness-weight ratio might lead to unsatisfactory noise reduction properties. Therefore, a meso-macro approach is developed to design an optimal sandwich material. The approach connects the meso-scale parameters of the honeycomb sandwich panel to its macro-scale vibro-acoustic response.*

The wave finite element method (WFEM) is used in this work for predicting the dispersion curves of a parallelogram honeycomb cell. This method combines the finite element method and the periodic structure theory. The key feature of this method is that it takes into account the periodicity of the structure. Therefore, this periodicity allows to model typically just one elementary cell instead of the whole structure. As a result, the cost of calculations was hugely reducing. On the other hand, the obtained results are compared with different analytical methods and a commercial tool (Ms-NOVA). The results found out that the different parameters of the unit cell have a significant impact on the transmission loss.

Mots-clés : Transmission loss, periodic structure, WFE method, honeycomb core.

Etude du contact corde / frette

Clara Issanchou^a, Jean-Loïc Le Carrou, Cyril Touzé, Olivier Doaré
DALEMBERT UMPC, IMSIA

a. i17.clara@gmail.com

Résumé : *Les contacts entre une corde vibrante et un obstacle rigide sont fréquemment rencontrés dans divers instruments de musique (basse électrique, contrebasse, sitar, tampoura...), ce qui donne lieu à des sonorités riches et variées. Alors qu'un certain nombre d'études analytiques et numériques ont été menées pour modéliser ces contacts, on ne trouve que peu d'études expérimentales dans la littérature. Cette étude a pour objectif de mettre en évidence expérimentalement le comportement d'une corde vibrante en présence d'un contact unilatéral, comme cela peut se produire lors d'un contact corde/frette. Pour cela, on s'intéresse plus particulièrement au contact entre une corde de basse électrique et un obstacle ponctuel, dont des observations expérimentales sont comparées avec les résultats analytiques pour une corde idéale, et avec des résultats numériques basés sur un schéma conservatif en différences finies, pour une corde avec raideur. Les résultats montrent une bonne concordance entre les signaux obtenus analytiquement, expérimentalement et numériquement.*

Mots-clés : Corde vibrante, contact unilatéral, basse électrique, étude expérimentale.

Caractérisation robuste du comportement vibratoire d'une structure en présence de paramètres incertains

Martin Ghienne^a, Claude Blanzé

LMSSC Cnam

a. martin.ghienne@cnam.fr

Résumé : *La réduction des vibrations des structures légères en environnement dynamique représente un enjeu important de conception dans de nombreux domaines industriels (génie civil, transport, etc.). Différentes solutions peuvent être proposées telles que l'ajout de matériaux viscoélastiques dissipatifs ou l'utilisation de dispositifs piézoélectriques couplés à un circuit électrique adapté.*

L'objectif de ce travail est, à partir d'un modèle élément fini de structure, de caractériser de manière robuste sa réponse vibratoire en présence de paramètres incertains. On s'intéressera en particulier à la caractérisation des espaces propres aléatoires des systèmes linéaires dont les propriétés dynamiques sont représentées à l'aide de variables aléatoires. On étudiera par exemple le cas d'une structure constituée de différentes sous-structures dont le module d'Young et la masse varient aléatoirement, ce qui pourrait modéliser un assemblage boulonné incluant des dispositifs piézoélectriques.

L'influence des paramètres aléatoires sur le comportement de la structure peut être évaluée à l'aide de méthodes stochastiques non-intrusives. Pour certains cas particuliers, la réponse aléatoire d'un système peut s'écrire comme le produit de fonctions déterministes et de variables aléatoires de distributions connues. Dans ce cadre, une méthode de réduction de modèle stochastique est proposée. Cette méthode consiste à dissocier les aspects aléatoires des aspects déterministes, ce qui permet de réduire le nombre de simulations par éléments finis nécessaire à la résolution du problème. L'application de cette méthode au cas d'un portique constitué de plusieurs variables aléatoires (les modules d'Young des différentes barres le constituant) permet de mettre en évidence le gain en temps de calcul qu'apporte cette méthode sans pour autant perdre en qualité sur la solution stochastique du problème.

La qualité des résultats issus de la méthode proposée étant fortement liée au caractère « proche » des valeurs propres aléatoires du système, cette « proximité » doit être définie afin de pouvoir raffiner la méthode lorsque nécessaire. Un facteur de proximité est alors proposé et appliqué au cas d'un système à trois degrés de liberté. Basé sur les premiers moments statistiques des valeurs propres aléatoires, ce facteur fournit une indication sur la qualité de la méthode sans coût de calcul supplémentaire.

Mots-clés : Vibration, aléatoire, incertitudes, formes propres, perturbation.

Wave propagation feature identification in perforated plates

Changwei Zhou^a, J.P. Lainé, M. Ichchou, A.M. Zine

LTDS ECL, ICJ ECL

a. chang-wei.zhou@ec-lyon.fr

Résumé : *Perforated plates are widely used in various engineering applications. One can find them in the vehicle exhaust silencers/attenuators in air moving ducts in jet engines in automotive industry. Micro-perforated plates are widely used in architecture, urbanism, aeronautic and space industries for their well-known noise reduction property.*

In this work, the broadband wave propagation feature in periodic perforated plate is investigated by both the numerical and experimental approaches. The study begins with the modelling using numerical method - Condensed Wave Finite Element method (CWFEM). Based on the periodic structure theory, a single unit cell is modelled by the FEM, where the modal reduction is included compared to the classical WFEM. Using the wave dispersion relation identified by CWFEM, wave-based homogenization methods are proposed to define the equivalent parameters of the homogenized model. The experimental validation of the computed wave propagation characteristics is provided. The accuracy of the homogenized model is illustrated by the comparison with the full model in FEM, where good correlation is observed between the two models in terms of modal analysis.

Mots-clés : Perforated plate, wave propagation, homogenization approach, Condensed Wave Finite Element Method.

Modélisation électromécanique sous approche angulaire pour identification de la voie de transfert d'un défaut de roulements aux

Aroua Fourati^a, Adeline Bourdon, Didier Remond, Nabih Feki, Fakher Chaari,
Mohamed Haddar
LaMCoS, La2MP

a. arwafourati@gmail.com

Résumé : *La mise en place de meilleures solutions technologiques pour prévoir et anticiper les défaillances mécaniques est un challenge dans de nombreuses applications industrielles. Dans le cas des machines tournantes et plus particulièrement des moteurs électriques, les roulements sont des organes clefs et en raison de leur rôle critique, les défaillances (les écaillages par exemple) peuvent réduire l'efficacité de ces systèmes et même conduire à des arrêts de production dans certaines applications. Dans le but d'une détection précoce des défauts, un certain nombre de techniques et d'outils tel que l'analyse des signaux vibratoires, l'analyse de la vitesse de rotation instantanée et des signaux électriques sont utilisés pour diagnostiquer les défauts de roulements. Toutefois, seuls quelques travaux ont expliqué la relation entre la présence d'un défaut local (écaillage, ...) et sa manifestation sur les signaux mesurés (l'accélération, la vitesse angulaire instantanée ou les signaux électriques de la machine). Traditionnellement, les vibrations ou le bruit produits par les défauts sont simulés numériquement par une série d'impulsions de très courte durée provoquées par des changements brusques dans les efforts de contact. Les phénomènes physiques à l'origine de ces sollicitations ne sont encore que partiellement décrits et les modèles considérés ne fournissent pas une compréhension satisfaisante de l'excitation générée par le défaut et des phénomènes physiques qui conduisent à cette excitation. Généralement, les variations de courant de la machine électrique sont considérées comme étant causées par des variations de l'excentricité du rotor de la machine électrique par rapport à son stator au moment du passage sur une région défectueuse du roulement. Récemment, une modélisation intrusive de la dynamique des roulements montre qu'un défaut dans l'un de ses éléments constitutifs engendre une variation du couple mécanique. Cette variation sera transmise sous forme de perturbations de vitesse angulaire instantanée du système tournant. Le travail de recherche consiste alors en la mise en place d'un modèle électromécanique afin de pouvoir décrypter la voie de transfert des défaillances de roulements par analyse de signaux électriques. Dans le cas de machines tournantes, plus particulièrement les moteurs asynchrones, la modélisation dans le cadre des approches angulaires permet d'exploiter les périodicités angulaires présentes sur la morphologie de la machine et d'investiguer les modulations produites par les différents éléments électriques et mécaniques d'un système électromécanique fonctionnant à des régimes non-stationnaires. La combinaison d'un modèle électromagnétique sensible aux variations de vitesse et d'un modèle représentatif de la dynamique des roulements apparaît comme une méthode suffisamment précise pour expliciter la manifestation d'un défaut de roulement dans les signaux électriques de la machine.*

Mots-clés : Machines tournantes, approche angulaire, surveillance, moteur électrique, analyse de courant.

Calibration robuste d'un modèle d'aube de turbine composite à matrice céramique : application phénoménologique

Paul Lépine^a, Scott Cogan, Emmanuel Foltête, Marie-Océane Parent
FEMTO-ST, SNECMA-SAFRAN

a. paul.lepine@femto-st.fr

Résumé : *Les matériaux composites céramiques rencontrent un grand essor dans l'industrie de la propulsion aéronautique. Ils ont pour atouts de proposer une excellente résistance thermique et une faible densité comparés aux alliages métalliques. Les composites céramiques tissées sont notamment choisis pour les aubages des turbines soumis à de hautes températures.*

Ces pièces sont dimensionnées à l'aide de modèles numériques afin de respecter les contraintes de conditionnement. Les paramètres numériques sont calibrés pour améliorer la fidélité de ces modèles à reproduire la physique d'intérêt. Dans ce contexte de calibration, on appelle paramètres optimaux les paramètres qui permettent de minimiser l'erreur entre résultats numériques et résultats issus des campagnes expérimentales. Il est à noter que des effets de compensations entre les paramètres peuvent intervenir dans les métriques d'erreurs entre calcul et essais. Ceci est particulièrement vrai lorsque les paramètres sont colocalisés spatialement. Ces compensations conduisent à une fidélité proche de la solution optimale pour des paramètres non-appropriés.

Les nombreuses spécificités des composites (comportement orthotrope, motif de tissage, participation des torons etc.) rendent leurs modélisations complexes. Le processus de fabrication des aubes participe également à la variabilité du système. Par conséquent, les modèles éléments finis mettent en jeu un grand nombre de paramètres qui mènent à l'apparition des effets de compensation. Dans ce contexte, il peut se révéler délicat de déterminer les paramètres optimaux par une méthode de calibration standard.

Nous proposons dans cette étude une approche de calibration robuste permettant d'obtenir des paramètres optimaux-robustes. Ces paramètres offrent un compromis entre fidélité aux mesures expérimentales et robustesse vis-à-vis des compensations méconnues entre paramètres. L'approche sera illustrée sur un cas notionnel de type plaque.

Mots-clés : Calibration stochastique, métriques d'erreur, effets de compensations.

Flow-Induced Vibrations on elbowed ducts conveying dense fluids

André Baramili Fleury de Amorim^a, Laurent David, Loïc Ancian
VibraTec and P' Institut - Université de Poitiers

a. andre.baramili@vibratec.fr

Résumé : *This study seeks to understand the specific vibrational behavior found within a process piping system as a result of dense fluid flowing through singularities within a pipework setup. Understanding this phenomenon is of utmost importance in the energy production sector as failure to do so, could result in catastrophic fatigue induced failures.*

The main goal of this research is to promote a better understanding of the fluid excitation on piping systems and to establish the appropriate modeling parameters for vibration level estimation. Flow-induced vibration of pipes conveying dense fluids are much more intense where singularities such as section or direction changes are present. In such circumstances, the disturbed pressure field generates a local turbulent-induced vibration source and a global acoustic-induced one. To simulate this mechanism for the purposes of this study, an elbow is utilized to generate turbulent flow.

A mixed experimental-computational approach is undertaken. For the experimental approach, a closed water loop is utilised, containing a test zone with an optically transparent elbow. This system is isolated from external vibration and acoustic influences in a manner that the fluid through the elbow can be considered as the only vibration source. Particle Image Velocimetry (PIV) on the elbow gives the local velocity field allowing the identification of the main flow structures interacting with the thin walled pipe. This information is used as input to the generation of a reduced-order model of flow reconstruction. The model is then calibrated using wall-pressure measurements.

The reduced-order model should provide the needed information on the local (turbulent) and global (acoustic) sources of excitation. A tuned finite-element model of the test zone will simulate its dynamic response to the given excitation. Finally, this response will be compared to the real measured response of the water loop.

Mots-clés : NaN

Conception vibro-acoustique de panneaux composites intégrant des structures fractales

Jérémy Derré^a, Frank Simon

ONERA, DMAE

a. jeremie.derre@onera.fr

Résumé : *Le confort acoustique interne est un paramètre important pour les compagnies aériennes désirant se distinguer de la concurrence. C'est pourquoi un large éventail de solutions existe afin de réduire le rayonnement acoustique provenant des vibrations de parois d'habitable. Ces solutions doivent vérifier un cahier des charges strict en contrôlant par exemple l'encombrement, la masse ajoutée ou le coût. Pouvoir optimiser l'ensemble de ces solutions devient donc un atout majeur. L'unité ITAC (DMAE) travaille depuis plusieurs années sur le concept de méta-matériaux appliqué à un obstacle soumis à des ondes acoustiques incidentes. Le but est de dépasser les limites d'affaiblissement vibro-acoustique propre aux matériaux homogènes classiques. Ainsi, l'utilisation d'un réseau de cylindres disposés périodiquement autour de l'obstacle peut conduire par un effet de diffraction à un affaiblissement important des ondes acoustiques à l'aval du méta-matériau. Il a été montré que l'absence locale de certains cylindres a la propriété d'améliorer la capacité du réseau à réduire la transmission des ondes tout en réduisant la masse ajoutée, ceci par un effet de focalisation des ondes dans les zones vacantes. Le DMAE a en particulier étudié des méta-matériaux à dispositions fractales aux résultats prometteurs.*

L'objectif de la thèse est d'étudier un concept de panneau composite sandwich, intégrant des matériaux amortisseurs ou des hétérogénéités disposées suivant un schéma fractal, de façon à réduire son rayonnement acoustique pour une faible masse ajoutée. On s'attend à ce que le fait de disposer des arrangements fractals sur une structure homogène modifie les déformées modales en concentrant les forts déplacements sur des zones particulières à la place d'une répartition uniforme de noeuds. Sachant que le rayonnement d'une structure dépend fortement des modes sollicités, on devrait pouvoir utiliser la nouvelle interaction de rayonnement des ventres pour réduire le rayonnement global et en même temps la transmission acoustique globale. Outre l'intérêt scientifique d'un contrôle passif de propagation structurelle, on peut estimer que ce type de solution pourrait satisfaire les besoins industriels par la réduction de la masse ajoutée de matériaux amortissants au sein de panneaux structuraux ou d'habillage d'avion et d'hélicoptère.

Suite à une étude bibliographique, un modèle vibratoire décrivant le comportement mécanique d'une poutre type méta-matériau a été développée. La modélisation aux différences finies implémentée fournit une base de déformées modales et fréquences de résonance. Des échantillons de poutres fractales ont été réalisés dernièrement par la société ATECA. Une analyse modale est prévue pour ce début de deuxième année, afin de venir recalibrer et valider le modèle théorique. L'écriture du couplage vibro-acoustique théorique est en cours de réalisation en parallèle. On envisage alors une extension du modèle théorique à une structure type panneau, afin d'aborder le rayonnement acoustique et se rapprocher d'une application industrielle. Cette étude permettrait, à terme, de fournir des pistes pour concevoir des configurations de fractales en fonction de la gamme fréquentielle visée. Enfin, des panneaux pourront être définis à l'aide d'un algorithme génétique d'optimisation, fabriqués par ATECA puis testés pour confirmer la précision de la modélisation théorique et pour justifier la validité des préconisations précédentes.

Mots-clés : Vibro-acoustique, méta-matériaux, fractale.

Optimisation de formes paramétriques basée sur la sensibilité d'une physique par rapport à des paramètres CAO

Timothée Leblond^a, Gaël Chevallier, Pierre Froment, Paul de Nazelle, Philippe Serré, Reda Sellakh
IRT SystemX, DMA FEMTO-ST, LISMMA

a. timothee.leblond@irt-systemx.fr

Résumé : *L'optimisation de forme est un outil précieux pour la conception de structures devant respecter entre autres un cahier des charges vibratoire et/ou acoustique. Disponible depuis de nombreuses années, le solveur adjoint en mécanique des solides est relativement peu utilisé. Ceci est grandement lié au fait que les contraintes de fabrication sont difficiles à respecter en l'état actuel des développements. En effet, les sensibilités issues du solveur adjoint sont quasi-exclusivement utilisées dans des techniques de déformation de maillage.*

La récente disponibilité des solveurs adjoints en mécanique des fluides a permis de relancer l'intérêt pour les optimisations directes de forme. Effectivement, les temps de calcul en CFD sont très largement supérieurs et les solveurs adjoints sont susceptibles de constituer un gain significatif. Mais la problématique des contraintes de fabrication reste toujours présente car le gradient est donné sur le maillage de la forme sur lequel il est ardu de définir de telles contraintes.

Nous proposons donc une méthode permettant d'effectuer des optimisations directes en mécanique des solides ou des fluides avec la prise en compte de contraintes sur les paramètres CAO, comme les contraintes de fabrication ou les contraintes liées à l'esthétique... Cette méthode consiste à reporter sur les paramètres dimensionnant de la CAO les résultats donnés par le solveur adjoint. Les premiers résultats seront présentés au travers d'exemples d'application dans le domaine de l'automobile. L'extension à des optimisations sur des problèmes couplés fluide / structure sera également discutée.

Mots-clés : Optimisation, gradient, paramètre CAO, solveur adjoint.

5.2 Session II - Jeudi 5 Novembre - 16h45

- 1) **Christophe Marchetto**, LVA, GAUS, Synthèse d'excitations aléatoires par antenne synthétique
- 2) **Justine Carpentier**, Laum, Compréhension des phénomènes générateurs du bruit acoustique dans les habitacles automobiles
- 3) **Simon Gatignol**, LTDS, Hutchinson, Etude physique du bruit de crissement des courroies poly-V en atmosphère humide
- 4) **Pierre Margerit**, LVA (Insa Lyon) - NAVIER (ENPC), De l'optimisation des tables d'harmonie de piano par le remplacement du bois par des structures sandwiches
- 5) **Thibault Wassereau**, IRT Jules Verne, LAUM, LVA Insa Lyon, Identification de paramètres élastiques homogénéisés d'un matériau multicouches par méthode RIFF
- 6) **Anna Rita Tufano**, LTDS, Volvo GTT, Modèles Réduits pour l'évaluation des niveaux vibro-acoustiques en cabine des véhicules
- 7) **Yu Fan**, LTDS ECL, SEPE, PSA, A wave-based design of semi-active piezoelectric composites for broadband vibration control
- 8) **Jean-Loup Christen**, ECL, FEMTO-ST, Airbus, Analyse de sensibilité globale et réduction de bruit
- 9) **Xiangkun Sun**, LTDS, ICJ, Multi-scale homogenization of one dimensional periodic structures
- 10) **Diala Bitar**, DMA FEMTO-ST, LTDS ECL, Multi-mode solutions in non-linear periodic lattices for energy harvesting applications
- 11) **Leandro Rodrigues Cunha**, DMA FEMTO-ST, ITA, Uncertainty analysis of a smart periodic truss
- 12) **Romain Viala**, DMA FEMTO-ST, Identification de paramètres orthotropes par vibrométrie 3D
- 13) **Raphaël Leiba**, DALEMBERT UPMC, STMS, Imagerie acoustique en milieu urbain : de la mesure à la quantification du paysage sonore
- 14) **Pierre-Yvon Bryk**, LMA, Pompage Acoustique à la source pour réduire le bruit rayonné

Synthèse d'excitations aléatoires par antenne synthétique

Christophe Marchetto^a, Laurent Maxit, Alain Berry, Olivier Robin

LVA, GAUS

a. christophe.marchetto@insa-lyon.fr

Résumé : *La caractérisation expérimentale de la réponse vibro-acoustique de structures excitées par des champs de pression aléatoires est d'un grand intérêt pour les industriels. Dans le domaine des transports, ce type d'excitations aléatoires se rencontre par exemple lorsqu'un écoulement turbulent se développe en paroi du véhicule en mouvement. Les fluctuations de pression induites par la couche limite turbulente excitent les parois qui rayonnent un bruit à l'intérieur de l'habitacle. La reproduction expérimentale de ces fluctuations de pression nécessite des moyens qui peuvent être très coûteux (i.e. tunnel aérodynamique) et dont il est difficile de maîtriser tous les paramètres physiques. La reproductibilité des mesures peut alors être remise en cause, ce qui rend difficile la comparaison entre différentes solutions technologiques. Il est donc d'un intérêt considérable de disposer d'un outil de laboratoire permettant de reproduire des excitations aléatoires dans un environnement qui peut être contrôlé.*

L'objectif de cette thèse, en cotutelle entre le LVA (INSA de Lyon – France) et le GAUS (Université de Sherbrooke – Canada), est de mettre en place un moyen d'essai permettant de synthétiser des champs de pression aléatoires, qui soit à la fois peu coûteux et dont on puisse contrôler les différents paramètres physiques, afin que cette approche devienne un standard de la communauté scientifique et des industriels. Pour cela, il faudra notamment présenter des validations pour différentes excitations (couche limite turbulent, champ diffus, etc.) ainsi que des applications sur des structures complexes mettant en avant les intérêts de ce type d'approche dans un contexte industriel.

Mots-clés : NaN

Compréhension des phénomènes générateurs du bruit acoustique dans les habitacles automobiles

Justine Carpentier^a, Charles Pézerat, Jean-Hugh Thomas

Laum

a. justine.carpentier.etu@univ-lemans.fr

Résumé : *Dans une constante recherche d'amélioration du confort de l'utilisateur, l'industrie automobile cherche à réduire les bruits perçus comme gênants à l'intérieur de l'habitacle des véhicules. Trois principales sources peuvent être identifiées comme génératrices de nuisances sonores : le moteur, les bruits de roulement et les bruits d'origine aérodynamique. Dans cette étude, c'est la sollicitation aéroacoustique subie par le vitrage automobile qui sera étudiée. Cette thèse est réalisée en partenariat avec le CNRT R2A (Centre National de Recherche Technologique Aérodynamique et Aéroacoustique) qui est un consortium d'entreprises comprenant deux entreprises automobiles Françaises : Renault et PSA.*

Le but des travaux est d'appliquer une méthode inverse vibratoire pour calculer les distributions de forces excitatrices à partir d'un champ de vibration mesuré. Le principe est d'injecter les déplacements mesurés dans l'équation du mouvement de la structure. Pour ce faire, les dérivées spatiales sont calculées par approximation à l'aide d'un schéma aux différences finies judicieusement choisi. Dans la thèse, on s'intéresse en particulier à deux développements de la technique expérimentale : la méthode RIFF (Résolution Inverse Filtrée fenêtrée) et la méthode RIC (Résolution Inverse Corrigée). La finalité de la thèse est de pouvoir appliquer la méthode à une voiture réelle et d'aboutir à une méthodologie clé en main pour les constructeurs automobile.

Mots-clés : Industrie automobile, aéroacoustique, méthodes inverses, schéma aux différences finies.

Etude physique du bruit de crissement des courroies poly-V en atmosphère humide

Simon Gatignol^a, Alain Le Bot, Thierry Demassougne
LTDS, Hutchinson

a. simon.gatignol@doctorant.ec-lyon.fr

Résumé : *Les courroies poly-s sont utilisées dans l'industrie depuis plusieurs décennies car elles permettent d'obtenir des rapports de transmission plus élevés et de réduire le rayon des poulies associées. Leur utilisation dans le cas particulier des systèmes d'entraînement par courroies conçus pour l'automobile s'accompagne d'une problématique de bruit en présence d'humidité.*

Les conditions d'apparition du bruit restent indéterminées mais des expériences sur moteur laissent suggérer que le bruit de crissement est généré au niveau du contact entre poulie et courroie et issu du glissement entre la courroie et la poulie. Un banc d'essais avec une courroie fixe et une poulie dont on contrôle la rotation a été développé et permet l'étude de la corrélation entre l'évolution du bruit et celle du coefficient de frottement pour des vitesses de glissement variables.

Les 1er résultats tendent à juger insuffisante l'hypothèse d'un critère de pente du coefficient de frottement en fonction de la vitesse de glissement . L'existence d'un couplage de mode apparaissant pour un niveau seuil de coefficient de frottement comme phénomène à l'origine du bruit se conçoit d'après des observations qualitatives et doit être investiguer plus précisément dans la suite de l'étude.

Mots-clés : Courroies poly-V, crissement, instabilités de frottement.

De l'optimisation des tables d'harmonie de piano par le remplacement du bois par des structures sandwiches

Pierre Margerit^a, Jean-François Caron, Benjamin Trévisan, Kerem Ege, Bernard

Laulagnet

LVA (Insa Lyon) - NAVIER (ENPC)

a. pierre.margerit@insa-lyon.fr

Résumé : *Dans le cadre d'un projet collaboratif regroupant quatre laboratoires de recherche et un partenaire industriel (facteur de piano), on cherche à optimiser le comportement vibroacoustique de la table d'harmonie du piano, pièce chargée de la conversion de l'énergie vibratoire de la corde en énergie acoustique. Pour cela, un travail de doctorat va porter sur le remplacement du matériau dans lequel sont construit ces tables, l'épicéa, par des structures composites de type "sandwich". Ce travail consistera à prédire le comportement vibroacoustique de ces structures particulières par un modèle, qui sera ensuite utilisé par des algorithmes d'optimisation, type algorithmes génétiques.*

Lors d'un travail de master, a été élaboré un protocole expérimental permettant la caractérisation complète d'une table d'harmonie de piano droit existante, en vibration et rayonnement, et validé en parallèle par la comparaison à un modèle analytique développé au LVA depuis 2013.

La présentation portera donc sur cette caractérisation (déformées et fréquences propres, puissance et coefficients de rayonnement, directivités), ainsi que sur les pistes d'optimisation envisageables : reproduction des caractéristiques de la table actuelle (orthotropie, facteurs de perte de l'épicéa), recherche d'homogénéité dans la réponse du piano, adaptation de la mobilité locale, etc...

Mots-clés : Acoustique musicale, composites, optimisation.

Identification de paramètres élastiques homogénéisés d'un matériau multicouches par méthode RIFF

Thibault Wassereau^a, Charles Pézerat, Jean-Louis Guyader, Frédéric Ablitzer
IRT Jules Verne, LAUM, LVA Insa Lyon

a. thibault.wassereau@univ-lemans.fr

Résumé : *Dans un besoin d'allègement de structures lié à la réduction des consommations énergétiques, les industries du transport s'orientent principalement vers les matériaux composites multicouches. Ces derniers répondent idéalement au compromis entre légèreté et performances mécaniques, mais la compréhension de leurs propriétés vibratoires est encore limitée. Par ailleurs les simulations numériques réalisées sur ce type de structures impliquent des temps de calcul importants, le nombre de couches amenant à utiliser plus de degrés de libertés que pour des matériaux homogènes.*

Afin de simplifier la compréhension des matériaux composites multicouches ainsi que l'estimation de leurs caractéristiques vibratoires, nous proposons de représenter ces structures sous formes de matériaux monocouches équivalents, par le biais d'une homogénéisation des paramètres élastiques. L'approche mise en oeuvre inspirée de la méthode RIFF consiste à déterminer ces derniers sur des poutres sandwiches en flexion. Plus précisément, on s'intéresse ici au module d'Young, au module de cisaillement ainsi qu'à leurs amortissements respectifs à l'aide de l'équation du mouvement selon la théorie de Timoshenko en dehors des sources vibratoires. Cette formulation traduit plus fidèlement les déformations que l'on pourrait obtenir sur un matériau sandwich à âme souple.

Les travaux présentés décrivent le principe général de cette méthode, ainsi qu'une nouvelle manière de régulariser le problème inverse, développée spécifiquement pour le problème de Timoshenko. Une simulation réalisée sur matériau multicouches montre le potentiel de cette approche avec laquelle les paramètres élastiques équivalents sont obtenus sur une large bande fréquentielle. Cette étude ouvre également des perspectives pour la caractérisation de matériaux multicouches, la simplification de modèles numériques ou l'analyse de défauts typiques des composites sandwiches (délamination, inclusion, déchirure, barely visible impact damage...).

Mots-clés : Multicouche, RIFF, paramètres élastiques.

Modèles Réduits pour l'évaluation des niveaux vibro-acoustiques en cabine des véhicules

Anna Rita Tufano^a, Mohamed Ichchou, Olivier Breille, Nicolas Blairon
LTDS, Volvo GTT

a. anna-rita.tufano@doctorant.ec-lyon.fr

Résumé : *La réduction des niveaux vibratoires sur un camion est un objectif incontournable pour un constructeur de véhicules industriels. Le confort du conducteur à court terme et la prévention d'effets dangereux pour le corps à long terme, sont des contraintes de premier ordre. Dans la phase de conception d'un véhicule, il est indispensable de disposer d'un outil de calcul permettant d'en identifier rapidement et de manière fiable le comportement vibro-acoustique.*

Un camion est un objet caractérisé par un comportement vibratoire dit hétérogène. L'hétérogénéité dynamique est due à la présence et interaction de composants raides et composants souples, et engendre un comportement de la structure globale qui est typique des moyennes fréquences. Ce comportement a été identifié sur un véhicule réel, qui a été soumis à une analyse modale expérimentale lors de ce travail de recherche.

Dans la gamme des moyennes fréquences les méthodes numériques déterministes comportent un cout de calcul trop important et peuvent produire des résultats erronés ; parallèlement, les méthodes énergétiques ne peuvent pas être appliqués car leur hypothèses ne sont respectés que à plus hautes fréquences. Pour analyser les phénomènes de moyenne fréquence que l'on retrouve dans la structure d'un camion, il est donc nécessaire de recourir à des méthodes qui comblent l'écart entre basses et hautes fréquences. La méthode Wave Finite Element Method est ici prise en compte. Elle permet de calculer la réponse vibratoire d'un guide d'onde, interagissant éventuellement avec un élément de couplage : dans le cas d'un camion, le châssis peut être schématisé comme un guide d'onde, et tous les objets suspendus sur le châssis constituent des éléments de couplage.

Pour analyser la réponse vibratoire d'une structure complexe et composite tel qu'un camion, il est en outre nécessaire d'utiliser des méthodologies de sous-structuration qui prennent bien en compte la cartographie vibratoire de chaque composant. Dans le cadre de ce travail, une méthode de sous-structuration basée sur les efforts à l'interface entre composants est prise en compte.

L'outil développé grâce à ces deux méthodologies peut être utilisé pour effectuer une analyse de sensibilité visant à déterminer les paramètres plus influents sur les variables vibro-acoustiques. Le bilan d'une telle analyse de sensibilité est un important moyen d'aide à la conception pour un fabricant de camion.

Mots-clés : Camion, hétérogénéité, Wave Finite Element Method, sous-structuration.

A wave-based design of semi-active piezoelectric composites for broadband vibration control

Yu Fan^a, Manuel Collet, Mohamed Ichchou, Lin Li, Zoran Dimitrijevic
LTDS ECL, SEPE, PSA

a. fanyu.buaa@gmail.com

Résumé : *This work deals with the design of periodic piezoelectric structures for broadband vibration control. The idea is to construct a continuous band gap for the elastic waves all over the frequency range of interest. This way the modal density of the structure is reduced and the vibration is localized around the excitation point. This wave-based approach does not rely on any modal information hence it is applicable at mid- and high frequencies where exact modal information is difficult to predict. Specifically, negative capacitances are used to increase the contrast of the dynamic stiffness, therefore the Bragg band gaps can be extended to relatively wide frequency ranges. The electromechanical coupling condition is optimized by using a limited amount of piezoelectric patches. The control of multiple high-order modes of a cantilever beam is considered as an example. Following the proposed design process several stable and light-weight control systems are found. The vibration reduction performance of the designed piezoelectric structures are presented and the influence of damping and the boundary conditions are discussed as well.*

Mots-clés : Broadband vibration control, band gap, elastic waves, negative capacitance.

Analyse de sensibilité globale et réduction de bruit

Jean-Loup Christen^a, Mohamed Ichchou, Olivier Bareille, Morvan Ouisse,

Bernard Troclet

ECL, FEMTO-ST, Airbus

a. jean-loup.christen@ec-lyon.fr

Résumé : *Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés dans les industries des transports, du fait de leur grande rigidité rapportée à leur faible masse. Si ces deux caractéristiques sont très intéressantes du point de vue de la mécanique des structures, elles ont cependant tendance à dégrader les performances acoustiques, c'est à dire à augmenter le niveau de bruit à l'intérieur du véhicule, que celui-ci soit un avion, une voiture ou un lanceur spatial.*

Il est dès lors nécessaire d'utiliser des protections acoustiques, habituellement sous la forme de couches de matériaux poroélastiques (mousses ou laines minérales). La transmission acoustique dépend alors de nombreux paramètres, dont certains peuvent être sujets à de grandes incertitudes, du fait de spécifications insuffisantes ou de difficultés de caractérisation. Ces paramètres n'ont pas tous une contribution significative dans toutes les plages de fréquence. Une étude de sensibilité permet alors d'identifier les paramètres prépondérants en fonction de la fréquence, ces résultats pouvant ensuite être utilisés pour effectuer une optimisation sur un nombre restreint de paramètres ou pour s'assurer que les niveaux d'incertitudes sont acceptables. Ce travail utilise la méthode FAST (Fourier analysis sensitivity test) pour calculer les indices de sensibilité de différents paramètres d'un assemblage multicouche de matériaux composites et poroélastiques.

Mots-clés : Analyse de sensibilité, matériaux poroélastiques, composites.

Multi-scale homogenization of one dimensional periodic structures

Xiangkun Sun^a, Mohamed Ichchou, Abdel-malek Zine

LTDS, ICJ

a. sxx7810@gmail.com

Résumé : *Many areas of physics and engineering involve structures composed of periodic holes, bars, strings or fibers. Typical examples include photonic crystal, metallic foams and phononic smart structures. Many methods exist to study the periodic structure, including numerical methods and analytical methods. Finite Element Method (FEM) and Wave Finite Element Method (WFEM) are numerical tools. Plane-wave expansion method, Transfer matrix method, and homogenization method works in analytical way. The main idea of classical homogenization theory is to take the mean value of the composition as effective material properties, such as the equivalent strain energy method, the mode-based equivalent model method. The proposed homogenization method is an analytical approach which uses other ideas and provides simpler implementation.*

In the proposed multi-scale homogenization theory, multiple spatial scales are introduced. One fast spatial scale describes the rapid fluctuations of material properties, while one slow spatial scale accounts for the long-term behavior of the homogenized structure. In this way, a new equivalent homogenized wave equation is deduced.

The longitudinal wave propagating in periodic structure example is used. Because the typical problem has exact analytical solution, which makes the result more reliable. The dispersion relation of an infinite structure model, and the forced response of a finite structure model which is composed of a fixed number of unit cell are studied. Through the comparison, we found that the homogenized method is more accurate in describing the structure's behavior than the traditional one. This method shows a good robustness concerning material properties. It ensures itself a quite good valid domain. Besides, a homogenized boundary condition model is indispensable to solve the finite homogenized structure problem. Some comparison between the numerical results (ANSYS, CWFEM) and the homogenized results are studied, and good agreement is observed in the valid domain.

Mots-clés : NaN

Multi-mode solutions in non-linear periodic lattices for energy harvesting applications

Diala Bitar^a, Najib Kacem, Nouredine Bouhaddi, Manuel Collet

DMA FEMTO-ST, LTDS ECL

a. diala.bitar@femto-st.fr

Résumé : *Interest in the nonlinear dynamics of periodic nonlinear lattices has grown rapidly over the last few years. Actually, it exists a practical need to understand nonlinearities and functionalize them in order to efficiently exploit the collective nonlinear dynamics of smart structures. In this context, an analytico-computational model predicting the collective dynamics of an array of coupled Duffing-Van Der Pol oscillators under simultaneous primary and parametric resonances is developed and the distribution of the basins of attraction is analyzed for multistable solutions. It is shown that the multimode branches are robust and may have a remarkable role in several applications such as wide bandwidth energy harvesting.*

Mots-clés : NaN

Uncertainty analysis of a smart periodic truss

Leandro Rodrigues Cunha^a, Morvan Ouisse, Domigos Alves Rade
DMA FEMTO-ST, ITA

a. leandro.rodrigues@femto-st.fr

Résumé : *Periodic structures have been intensively studied and many researchers are directing their works to this area due to their interesting properties like mechanical filter behavior for vibration and wave propagation. As uncertainties are intrinsic in every kind of mechanical system, one must be aware of possible vulnerabilities in these structures in order to assure minimal risk of failure and unsatisfactory attenuation performance. In this paper, one considers the finite element model of a tridimensional truss, some bars of which contain piezoelectric stack actuators connected to resonant (resistor-inductor) shunt circuits. The structure is composed of ten 3D cells and the inductance of the shunt circuit associated to each cell is considered as uncertain. Assuming these inductances as random variables with gamma probability distribution, determined by using the Principle of Maximum Entropy, some performance curves are inspected using Monte Carlo Simulation combined with Latin Hypercube Sampling. The goal is to evaluate the influence of uncertainties affecting this key property of the shunt circuits on the prediction of the band gaps. Finite structure methods are used to model this structure and the obtained results are evaluated and compared. For this consideration, the decay rate and borders of the band gap are analyzed based on frequency response curves. Also, the consequences of increasing the uncertainty level on the robustness of the periodic structure are evaluated.*

Mots-clés : **Periodic structures, wave propagation, vibration control, smart structures, uncertainty analysis, reliability.**

Identification de paramètres orthotropes par vibrométrie

3D

Romain Viala^a, Vincent Placet, Scott Cogan

DMA FEMTO-ST

a. romain.viala@univ-fcomte.fr

Résumé : *L'identification de paramètres par mesure de champs présente plusieurs intérêts tels que robustesse, répétabilité des mesures, non-destructivité et non-invasivité de l'essai ; tout en fournissant un nombre important d'informations pour un temps d'essai et de mise en place rapide.*

Les essais ont été menés sur des éprouvettes de bois, avec pour hypothèses l'homogénéité du matériau, son orthotropie et un comportement élastique. Les éprouvettes sont issues de bois sélectionnés pour la fabrication d'instruments de musique, prisés, dans le cas de l'épicéa de résonance, pour ses qualités acoustiques ; et, dans le cas de l'érable ondé, pour ses qualités esthétiques.

L'identification a été effectuée avec la méthode des éléments finis, grâce à un modèle numérique lui-même non exempt d'hypothèses préalables comme la nature de la modélisation des conditions aux limites et de l'excitation, cette dernière étant acoustique dans notre cas.

Les essais permettent de déterminer, grâce à une analyse de criblage préalable, au moins trois paramètres orthotropes élastiques sur neuf : les modules d'YOUNG longitudinaux et radiaux et le module de cisaillement longitudinal/radial du bois. L'identification est effectuée en comparant les fréquences propres et les champs de déplacement des modes propres du modèle numérique et de la mesure expérimentale. D'autres types d'essais (statique, DMA, ...) sont prévus afin de valider les résultats obtenus numériquement.

Des investigations sont menées afin de mesurer l'impact de l'hygroscopicité du matériau sur ses paramètres élastiques, massiques et volumiques.

Pour finir les résultats expérimentaux sont utilisés pour vérifier la possibilité de mesurer les facteurs de perte orthotropes du bois en les corrélant à l'amortissement modal relatif à chaque mode.

Mots-clés : Orthotropie, identification modale, éléments finis.

Imagerie acoustique en milieu urbain : de la mesure à la quantification du paysage sonore

Raphaël Leiba^a, François Ollivier, Régis Marchiano, Nicolas Misdariis, Jacques Marchal

DALEMBERT UPMC, STMS

a. raphael.leiba@upmc.fr

Résumé : *La caractérisation de l'environnement sonore urbain est aujourd'hui encore une question ouverte. Une approche possible consiste à quantifier le paysage sonore par le biais d'indicateurs reposant généralement sur des grandeurs physiques comme le niveau acoustique moyen (exprimé en décibels) ou des indices plus sophistiqués comme l'indice L_{den} qui est construit à partir d'une pondération des expositions en fonction de grandes périodes de la journée : jour(d)/soirée(e)/nuit(n). Ainsi, les cartes de bruit introduites par la directive européenne de 2002 utilisent cet indice. Elles sont actuellement un outil remarquable pour surveiller l'exposition au bruit des citoyens et les tenir informés. Cependant, ces cartes reposent sur des modèles numériques simplifiés. Notamment, elles se focalisent sur le bruit dû aux transports en réalisant des cartes par type de transport (ferroviaire, routier, etc.), ce qui ne représente pas le ressenti global des personnes. La notion de paysage sonore (soundscape en anglais) introduite par Robert Murray Schafer et étudiée plus récemment dans le cadre du projet européen "Soundscapes of European Cities and Landscapes" cherche à apporter une description globale de l'environnement sonore. Sont alors pris en compte toutes les sources de bruit, le contexte de l'écoute, la nature des sources de bruit ou encore l'accoutumance à l'environnement sonore étudié. Notre travail consiste à quantifier le paysage sonore urbain en utilisant des images acoustiques produites par des antennes à très grand nombre de microphones (entre 128 et 256 micros). Cela permet de détecter la position et le niveau de nombreuses sources présentes dans la zone d'analyse. Ainsi, l'évolution de chaque source apporte des informations permettant de mieux comprendre l'environnement et donne la possibilité de construire des modèles plus complets. Le dispositif expérimental sera présenté en détail et les premiers résultats issus de l'analyse de scènes urbaines seront discutés.*

Mots-clés : Formation de voie, bruit urbain, paysage sonore, gêne sonore.

Pompage Acoustique à la source pour réduire le bruit rayonné

Pierre-Yvon Bryk^a, Sergio Bellizzi, Renaud Côte

LMA

a. bryk@lma.cnrs-mrs.fr

Résumé : *L'objectif de ces travaux est de mettre au point un absorbeur acoustique non linéaire semi-actif dédié aux basses fréquences dans le cadre d'applications navales.*

Ce type d'absorbeur, qualifié de NES pour Nonlinear Energy Sink, s'accorde au milieu primaire du fait de sa non-linéarité et se déclenche à partir d'un certain niveau d'énergie présent dans le milieu primaire. Un transfert irréversible d'énergie se produit alors du milieu primaire vers le milieu secondaire, phénomène qualifié de pompage énergétique [1].

Un NES acoustique passif a déjà été mis au point au LMA grâce à la thèse de R. Bellet [2] mais possède certaines limitations, comme un niveau de déclenchement élevé (200Pa) ou le rayonnement dans le spectre audible de l'énergie absorbée en basse-fréquence.

Ce projet de recherche a donc pour but de mettre au point une version semi-active et encoffrée de ce NES à l'aide d'une technologie de type haut-parleur dans le but de contourner ces limitations. Dans un premier temps un dispositif actif (un haut parleur asservi en pression) est rajouté dans l'encoffrement du NES passif, l'objectif final étant d'arriver à un unique haut-parleur encoffré jouant le rôle de NES semi-actif. En effet des travaux du LMA ont déjà montré qu'un haut-parleur "passif" (c'est à dire non alimenté) peut se comporter en tant que NES [3]. Le terme "semi-actif" se réfère à l'ambition d'obtenir un NES fonctionnant en mode passif pour les forts niveaux d'excitation et en mode actif pour les faibles niveau d'excitation.

Je présenterai les travaux de ma première année de thèse qui portent sur l'encoffrement du NES, celui-ci étant nécessaire afin de réduire le rayonnement dans le spectre audible de l'énergie absorbée en basse-fréquence. Ces travaux ont permis de mettre en évidence expérimentalement et numériquement l'influence du volume d'encoffrement sur le NES, qui entrave son fonctionnement lorsqu'il est trop petit. Je présenterai également l'asservissement en pression du volume d'encoffrement qui est la solution retenue afin de faire fonctionner le NES avec un volume d'encoffrement réduit.

[1] A.F Vakakis, O.V Gendelman, L.A Bergman, D.M McFarland, G. Kerschen and Y.S Lee.

Nonlinear targeted energy transfer in mechanical and structural systems, volume 156 of Solid mechanics and its application. Springer, 2008.

[2] R. Bellet. *Vers une nouvelle technologie de controle passif du bruit : absorbeur dynamique non linéaire et pompage énergétique. PhD thesis, Université de Provence, 2010*

[3] R. Mariani, S. Bellizzi, B. Cochelin, P. Herzog, and P.O Mattei. *Toward an adjustable nonlinear low frequency acoustic absorber. Journal of Sound and Vibration, 330 :5245-5258, 2011.*

Mots-clés : Réduction du bruit, absorbeur non linéaire, pompage énergétique, électro-acoustique.

5.3 Session III - Vendredi 6 Novembre - 9h00

- 1) **Océane Grosset**, LAUM / ENSIM, Identification de la pression acoustique pariétale d'un écoulement turbulent excitant une structure légère
- 2) **Barhoumi Bassem**, ENIT, BEM Formulation for axisymmetric acoustic problems
- 3) **Edouard Cardenas**, LVA - INSA de Lyon, L'imagerie acoustique appliquée au diagnostic et à la détection de défauts sur machine tournante
- 4) **Olivier Thierry**, LMSSC CNAM, Snecma, Réduction des vibrations de flexion en basse fréquence d'une aube en composite CMO avec des éléments piézoélectriques
- 5) **Thibaut Gras**, Railenium - UTC Roberval, Modélisation du bruit de roulement pour la réduction des nuisances vibratoires et acoustiques liées au ferroviaire
- 6) **Margaux Regniez**, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, Amortissement des vibrations de réflecteurs d'antenne de satellite par micro-perforations
- 7) **William Caster**, ISAT - DRIVE EA 1859, Université de Bourgogne, Conception d'un banc d'impact pour expérimentations acoustiques
- 8) **Pauline Butaud**, DMA FEMTO-ST, Adaptive damping structure based on Shape Memory Polymer
- 9) **Youssef Gerges**, LVA - INSA Lyon, Modélisation Vibroacoustique Moyennes Fréquences d'une Cabine de Camion avec Prise en Compte des Habillages
- 10) **Lei Lei**, Roverval UTC, Effet de la thermocompression sur les propriétés acoustiques des matériaux poreux
- 11) **Saber Mahmoudi**, DMA FEMTO-ST, Artificial neural networks for nonlinear dynamic response analysis of damaged laminated composites
- 12) **Damien Faux**, IEMN, ENSAM, Onera, Conception d'ailes vibrantes pour un nano-drone mimant l'insecte
- 13) **Marco Rosatello**, Supméca, Politecnico di Torino, The skateboard speed wobble

Identification de la pression acoustique pariétale d'un écoulement turbulent excitant une structure légère

Océane Grosset^a, Charles Pézerat, Jean-Hugh Thomas, Frédéric Ablitzer

LAUM / ENSIM

a. oceane.grosset@univ-lemans.fr

Résumé : *L'étude des bruits aéroacoustique et hydroacoustique fait l'objet d'une forte demande industrielle en matière de recherche. En effet, dans le domaine des transports (routier, aérien, maritime...), l'écoulement du fluide sur le véhicule (écoulement turbulent) s'avère être une source de nuisance sonore non négligeable. La compréhension de ce type d'excitation est donc nécessaire pour minimiser leur impact. Ce type d'excitation correspond aux turbulences générées par la présence d'un obstacle (écoulement décollé) ou d'une couche limite turbulente à proximité de la paroi.*

Ces turbulences entraînent, d'une part, des fluctuations de pression à proximité de la paroi appelées partie aérodynamique ou hydrodynamique de l'excitation, et d'autre part, génèrent des ondes acoustiques dans toutes les directions correspondant à la partie acoustique de l'excitation. La composante acoustique est d'amplitude très inférieure à celle de la partie aérodynamique, donc très difficile à mesurer. Cependant, selon le domaine d'application, elle peut être la principale cause du rayonnement acoustique de la paroi.

Afin d'identifier les efforts excitant la structure, des méthodes inverses vibratoires sont utilisées telles que la méthode RI (Résolution Inverse) et ses variantes RIFF (Filtrée Fenêtrée) et RIC (Corrigée). Ces méthodes permettent d'identifier localement un effort appliqué à une structure à partir d'une mesure du champ de vibrations.

Dans cette présentation, la potentialité de la méthode pour les domaines naval et aéronautique est mise en avant. Dans le cas du domaine naval, on montrera comment prendre en compte les effets de couplage fluide-structure et la possibilité d'isoler la composante acoustique de l'excitation. Dans le cas du domaine aéronautique, on montrera que la méthode envisagée offre la possibilité de mesurer les pressions pariétales fluctuantes sans instrumentation de microphones affleurants à l'extérieur de la structure.

Mots-clés : **Écoulement turbulent, méthodes inverses, naval, aéronautique, couplage fluide-structure.**

BEM Formulation for axisymmetric acoustic problems

Barhoumi Bassem^a,

ENIT

a. bassembarhoumi@hotmail.fr

Résumé : *The presence of the flow in axisymmetric acoustic radiation and propagation problems shows that the boundary integral formulation developed in literature [1, 2] becomes significantly more complicated than in the no-flow case [3] because containing the convection terms of the normal derivative and the flow direction derivative for the convected modal Green's function. To obtain a formulation that is less complicated, we develop in this paper a new analysis method and numerical development of the direct boundary element method formulation for axisymmetric acoustic radiation and propagation problems in a subsonic uniform flow. This formulation is based on the axisymmetric convected Helmholtz equation, the convected modal Green's function, the Fourier coefficient of the three-dimensional convected Green's function in cylindrical coordinates system, independently of the explicit choice of the flow direction arising from the Helmholtz operator by the transformation of Prandtl-Glauert and is expressed only in two new terms, one concerning the particular normal derivative similar to the particular temporal derivative and the other concerning the non-standard normal derivative collect the convection terms of the convected modal Green's function adapted to the analytical resolution method and classical numerical implementation.*

The modal Green's function and their non-standard normal derivative contain singular part localized as well as regular part more global. Because of the difference between the singular and regular behavior, it appears to be efficient to treat the two parts in a different manner, the regular functions, are evaluated numerically with standard Gauss-Legendre quadrature and the singular terms of the static modal Green function and it's the modal non-standard derivative will be evaluated by a simple analytical recursive formulas used the Laplace coefficients and expressed in terms of complete elliptic integrals.

[1] P. Juhl, Non-axisymmetric acoustics propagation in and radiation from lined ducts in a subsonic uniform mean flow, *Acustica-acta acustica* 86 (2000) 860-869

[2] P. Zhang, T.-W. Wu, L. Lee, A coupled FEM/BEM formulation for acoustic radiation in a subsonic non-uniform flow, *Sound and Vibration* 206 (1997) 309-326

[3] G.P. Lennon, L.-F. Philip, J.A. Liggett, *Boundary integral equation solution to axisymmetric potential flows*

Mots-clés : Convected Helmholtz equation, modal Green's function, axisymmetric boundary element method, singular integrals.

L'imagerie acoustique appliquée au diagnostic et à la détection de défauts sur machine tournante

Edouard Cardenas^a, Quentin Leclère, Nacer Hamzaoui, Jérôme Antoni

LVA - INSA de Lyon

a. edouard.cardenas@insa-lyon.fr

Résumé : *L'imagerie acoustique a de nombreuses applications dans le domaine industriel. La localisation de sources acoustiques est largement utilisée dans le domaine de l'automobile et de l'aéronautique dans le but d'améliorer le confort des passagers. Les méthodes d'imagerie acoustique telles que l'holographie de champ proche et le beamforming se sont également révélées efficaces dans le domaine du diagnostic et de la détection de défauts.*

Il est courant d'utiliser des accéléromètres pour la surveillance des machines car le diagnostic par analyse vibratoire fait appel à des outils et des indicateurs maîtrisés. Cependant, ce type d'analyse requiert un positionnement stratégique des capteurs qui n'est pas toujours réalisable. De plus, cette approche permet d'analyser les défauts dans les domaines temporel et fréquentiel mais donne peu d'information sur leur localisation spatiale.

L'imagerie acoustique peut se défaire de ces contraintes, ce qui lui confère un avantage précieux dans certaines configurations. Elle permet d'avoir une vision globale de la répartition de l'énergie non seulement sur les dimensions temporelle et fréquentielle mais aussi sur la dimension spatiale. Le beamforming nous permet de visualiser l'énergie acoustique rayonnée par une surface du mécanisme sur une plage de fréquences choisie. Néanmoins, cette visualisation ne permet pas de conclure sur la présence d'un défaut. En effet, l'énergie rayonnée n'est pas forcément coïncidente avec la position du défaut car elle est la contribution du rayonnement de tous les composants du mécanisme : moteur, châssis, etc... Pour se défaire de ce problème, il est proposé de visualiser le kurtosis de l'énergie rayonnée par la machine. Cet indicateur permet de mesurer l'impulsivité d'un signal. Combiné avec le beamforming, il est un moyen de localiser spatialement des sources impulsives qui peuvent être reliées à des défauts d'engrenages ou de roulements. Le kurtosis spectral peut également être utilisé pour séparer les sources impulsives à la fois dans le domaine fréquentiel et spatial.

Une simulation numérique est proposée pour valider cette approche. Cette dernière implique le rayonnement d'une plaque bafflée soumise à une excitation impulsionnelle périodique ainsi qu'à un bruit blanc. La visualisation du kurtosis en fonction de l'espace nous permet de localiser la source impulsive même en présence de la source perturbatrice. Cette approche est donc un moyen de se défaire du rayonnement des composants de la machine de manière à se focaliser uniquement sur des sources impulsives qui peuvent être apparentées à un défaut.

Mots-clés : Diagnostic, imagerie acoustique.

Réduction des vibrations de flexion en basse fréquence d'une aube en composite CMO avec des éléments piézoélectriques

Olivier Thierry^a, Olivier De Smet, Jean-François Deü, Marion Gruin
LMSSC CNAM, Snecma

a. olivier.thierry@cnam.fr

Résumé : *Cette étude concerne la réduction des vibrations de flexion en basse fréquence d'une aube de rotor de soufflante en matériau composite à partir de dispositifs piézoélectriques. Les solutions envisagées consistent à utiliser des éléments piézoélectriques connectés à des circuits électriques passifs ou semi-passifs.*

L'utilisation de matériaux composites tissés à matrice organique pour les aubes des nouveaux moteurs du groupe Safran permet d'envisager l'intégration d'éléments piézoélectriques, par exemple sous forme de fibres, au sein de la préforme tissée. L'intérêt de cette intégration est double : elle permet de respecter les contraintes aérodynamiques imposées pour ce type de structure et de limiter les problèmes de tenue mécanique des composants additionnels.

Le travail présenté lors de cette conférence illustrera, dans un premier temps, la faisabilité d'un shunt résonant passif pour réduire les vibrations de flexion d'une poutre encastrée. Puis, les résultats d'une caractérisation vibratoire d'une aube de soufflante seront présentés et comparés aux résultats des simulations numériques. Enfin, une méthode d'homogénéisation permettant de déterminer à la fois les propriétés mécaniques et électriques linéaires d'un composite tissé intégrant des matériaux piézoélectriques sera exposée.

À plus long terme, il s'agira d'optimiser l'architecture du composite pour maximiser le couplage électromécanique et ainsi l'amortissement apporté par le dispositif piézoélectrique, tout en préservant des caractéristiques mécaniques admissibles.

Mots-clés : Réduction de vibration, piézoélectricité, caractérisation composite tissé.

Modélisation du bruit de roulement pour la réduction des nuisances vibratoires et acoustiques liées au ferroviaire

Thibaut Gras^a, Mohamed Ali Hamdi, Mabrouk Ben Tahar

Railenium - UTC Roberval

a. thibaut.gras@gmail.com

Résumé : *L'industrie ferroviaire utilise des moyens expérimentaux très onéreux pour qualifier et certifier l'infrastructure et le matériel roulant ferroviaire. Une utilisation optimisée de logiciels de prototypage permettrait un gain considérable sur le coût et le temps de développement des systèmes liés au transport ferroviaire. Les travaux de cette thèse visent à modéliser numériquement le comportement dynamique d'une voie ferrée infinie par éléments finis afin d'être en mesure d'effectuer du prototypage numérique.*

La dimension infinie et périodique de la voie imposent l'utilisation d'une méthode dite par approche d'ondes : la WFEM (Wave Finite Element method). Cette méthode permet de modéliser plus facilement des structures périodiques. Les roues du train appliquent cependant des précharge locales qui vont rompre l'hypothèse de périodicité de la voie ferrée. Afin de modéliser ce phénomène, une approche par WFEM (Wave Finite Element method) est couplée à la FEM (Finite Element Method) pour simuler le comportement dynamique d'une voie ferrée infinie sous l'influence d'une précharge locale.

Mots-clés : Dynamique ferroviaire, FEM, périodicité, WFEM.

Amortissement des vibrations de réflecteurs d'antenne de satellite par micro-perforations

Margaux Regniez^a, Adrien Pelta, Charles Pézerat, François Gautier

Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine

a. margaux.regniez@univ-lemans.fr

Résumé : *Les réflecteurs d'antenne de satellites placés sur les satellites de télécommunication, comme beaucoup d'autres éléments, sont fabriqués avec des matériaux cellulaires de type sandwich NIDA (nid d'abeille). Lors du décollage du lanceur pour la mise en orbite du satellite, les sollicitations mécaniques appliquées à un tel système sont de nature acoustique et solidienne. La sollicitation acoustique liée au champ acoustique diffus et de très fort niveau présent dans la coiffe du lanceur est la plus importante. Elle joue un rôle important dans le dimensionnement et la conception du réflecteur d'antenne. L'étude de l'influence des micro-perforations sur la réponse vibratoire d'une telle structure est réalisée ici. L'enjeu est d'évaluer le potentiel d'un traitement du panneau par micro-perforations pour en réduire les vibrations.*

L'effet des micro-perforations sur la réponse vibratoire du réflecteur d'antenne est double. D'une part, le chargement acoustique que constitue la pression excitatrice est réduit par un mécanisme d'absorption dû à la présence des micro-perforations, couplées aux cavités formées par les cellules NIDA du matériau. Cet effet, connu dans la littérature est décrit notamment par le modèle d'impédance acoustique de D.-Y. Maa, couplé à un modèle d'impédance de la cavité NIDA et prenant en compte les rayonnements interne et externe à la micro-perforation. D'autre part, un effet de nature vibro-acoustique est induit par le couplage entre les vibrations du panneau et les mouvements acoustiques dans les micro-perforations. La modélisation de cet effet, mal décrit dans la littérature constitue un élément original du travail : un modèle discret construit à partir de l'impédance acoustique d'un orifice permet le calcul d'une force d'amortissement élémentaire, puis, après homogénéisation, à une estimation de l'amortissement modal du panneau micro-perforé.

Les modélisations proposées, pour la réduction du chargement acoustique et de l'amortissement ajouté par micro-perforation, montrent que la réponse vibratoire du panneau est faiblement réduite dans la plage de fréquence d'intérêt. La modification de chargement acoustique apportée par la micro-perforation des deux faces du panneau sandwich NIDA est également modélisée et donne lieu à une augmentation de l'effet dans la gamme de fréquence visée.

Mots-clés : Absorption acoustique, amortissement vibratoire, panneau sandwich nid d'abeille, micro-perforations, spatial.

Conception d'un banc d'impact pour expérimentations acoustiques

William Caster^a, N. Masse, S. Fontaine, J. Rousseau
ISAT - DRIVE EA 1859, Université de Bourgogne

a. william.caster@u-bourgogne.fr

Résumé : *Dans le domaine des transports et tout particulièrement l'aéronautique, les structures composites utilisées sont souvent soumises à des chocs. La surveillance, primordiale, de la santé d'une structure nécessite des informations sur l'existence, la position et la sévérité d'un endommagement, et ce via des méthodes non destructives. En suivant et en interprétant les changements dans les mesures dynamiques propres à la structure, via des analyses modales et des traitements de signaux adéquats, il est possible de réaliser une surveillance santé efficace, opérationnelle, sans que la structure n'ait à être démontée.*

Les techniques de suivi vibratoire (pose d'accéléromètres) ou de propagation d'onde (contrôle par émission acoustique ou par propagation ultrasonore) [1] habituelles nécessitent souvent un contact d'un ou plusieurs transducteurs avec la structure à surveiller. Cependant les conditions opérationnelles ne l'autorisent pas toujours : température de la structure trop élevée, incompatibilité physico-chimique des surfaces en contact, forces centrifuges trop importantes, risquant d'endommager les transducteurs et leurs supports. [3]

Des solutions de mesure sans contact ont été établies, telles que la mesure optique (lasers, interférométries), mais peu répandues car elles s'avèrent chères. Elles nécessitent en effet un matériel de grande précision et des conditions de mesures strictes.

L'objectif de ce travail est l'investigation des données acoustiques rayonnées par une structure impactée afin de les utiliser pour surveiller sa santé sans contact. La première étape de ces travaux est la conception d'un banc de recherche expérimental approprié. Une méthode de détection et quantification des endommagements sera par la suite développée en se basant sur les résultats expérimentaux [5].

Le travail ici présenté s'insère dans une étude globale qui nous permettra l'identification en temps réel de séquences ou paramètres inhérents au rayonnement acoustique aérien d'une structure composite impactée. Ces paramètres alimenteront ensuite des modèles numériques et/ou analytiques.

Mots-clés : Composites, impact, aérien, plaque, endommagement.

Adaptative damping structure based on Shape Memory Polymer

Pauline Butaud^a, Morvan Ouisse, Emmanuel Foltête
DMA FEMTO-ST

a. pauline.butaud@femto-st.fr

Résumé : *A shape memory polymer (SMP), the tBA/PEGDMA, is elaborated and characterized. The dynamic mechanical characterization of this SMP highlights promising damping properties. The frequency and temperature dependency of the SMP is represented by a viscoelastic model allowing the introduction of the material in the design process of complex structures. A composite sandwich is developed by coupling the SMP with aluminum skins. A finite element model is developed for modeling the behavior of the SMP when integrated in a sandwich structure. The damping performances obtained by the numerical approach are validated experimentally using modal analysis. The experimental results are found to be in good agreement with the predictions of the finite element model. Furthermore, it is found that the controlled heating of the SMP core allows damping the structure over a wide frequency range. The SMP core temperature is tuned from the Time-Temperature Superposition through a rainbow calibration curve to correspond to optimal values of damping ratio in the frequency range of interest; the ten first modes are dramatically damp.*

Mots-clés : Shape Memory Polymer, damping control, sandwich structure.

Modélisation Vibroacoustique Moyennes Fréquences d'une Cabine de Camion avec Prise en Compte des Habillages

Youssef Gerges^a, Ha Dong Hwang, Kerem Ege, Laurent Maxit, Céline Sandier

LVA - INSA Lyon

a. youssef.gerges@insa-lyon.fr

Résumé : *L'objectif principal de cette étude est de proposer une nouvelle cabine de camion allégée, destinée aux transports urbain et péri-urbain. Cet allègement impacte directement le confort vibroacoustique et oblige les concepteurs à prendre en compte des phénomènes non étudiés précédemment, tel le confort vibroacoustique en moyenne fréquence. La méthode SmEdA permet la modélisation d'un tel problème. Il s'agit d'une méthode de sous-structuration par éléments finis, basée sur une formulation énergétique modale. Ce papier s'intéresse à l'interaction plancher-cavité, pour des excitations solidiennes sur les liaisons châssis-cabine, avec la prise en compte des matériaux amortissants (visco-élastique) et absorbants (poro-élastique). Une comparaison numérique expérimentale permet la validation de la méthode.*

Mots-clés : Vibroacoustique, moyenne fréquence, méthode énergétique, comparaisons numérique expérimental.

Effet de la thermocompression sur les propriétés acoustiques des matériaux poreux

Lei Lei^a, Nicolas Dauchez, Jean-Daniel Chazot

Roverval UTC

a. lei.lei@utc.fr

Résumé : *Ce travail est réalisé dans la cadre du projet FUI ECOBEX qui consiste à réduire le bruit au passage des véhicules en jouant sur les écrans sous capot moteur. Typiquement un abaissement du niveau de bruit de 72 dBA à 68 dBA est visé d'ici 2024.*

Les écrans sont constitués de matériaux poreux thermoformés. Ce processus de mise en forme modifie les propriétés d'absorption et d'isolation acoustique des matériaux. Dans ce travail, nous étudions l'influence de la thermocompression sur les propriétés intrinsèques (paramètres de Biot-Allard), en particulier la porosité et la résistivité au passage de l'air. Des mesures en fonction du taux de compression sont effectuées en se basant sur les moyens expérimentaux du laboratoire. Des lois analytiques sont également proposées pour prédire la variation de ces paramètres en fonction du taux de compression. Un bon accord est obtenu entre mesure et modèle pour la plupart des matériaux.

Mots-clés : Matériaux poreux, thermocompression, absorption.

Artificial neural networks for nonlinear dynamic response analysis of damaged laminated composites

Saber Mahmoudi^a, Nouredine Bouhaddi, Frédérique Trivaudey

DMA FEMTO-ST

a. saber.mahmoudi@femto-st.fr

Résumé : *The present investigation deals with an approach for predicting the dynamic behavior and the damage evolution of laminated composites structures, using stresses as indicative parameters and artificial neural networks (ANN) as a learning tool. Based on a phenomenological modeling of cracked structures, the dynamic behavior of the composite structure is expressed through elasticity coupled with damage. The incremental linear dynamic governing equations are obtained by using the classical linear Kirchhoff-Love theory of plates. Then, since the damage induces nonlinearity, the obtained nonlinear dynamic equations are solved in time domain using a Newmark unconditionally stable algorithm.*

FEM simulations show that when the damage is taken into account, the eigenfrequencies decrease due to the loss of the structure stiffness. Thereby, this decrease significantly modifies the dynamic response by increasing the displacement response amplitude.

Several numerical simulations have been performed to generate a dataset consists of stress and damage states for various combinations of layer orientation and applied load. These data have been used to train a feedforward neural network till the network learns to an acceptable level of accuracy.

The trained ANN has been tested to predict the damage from the input stress state. The established ANN can learn effectively about the damage location and severity present in the composite structure and can predict reasonably well when tested with unknown data set. This approach provides a quick response for damage level prediction in online applications reducing significantly the computational costs.

Mots-clés : Artificial neural networks, composite structure, nonlinear dynamic, damage detection.

Conception d'ailes vibrantes pour un nano-drone mimant l'insecte

Damien Faux^a, Eric Cattan, Sebastien Grondel, Olivier Thomas, Jean-Bernard

Paquet

IEMN, ENSAM, Onera

a. damien.faux@gmail.com

Résumé : *Ce projet a pour but la réalisation d'un nano-drone à ailes vibrantes s'inspirant des insectes. Les prototypes que nous réalisons sont produits grâce aux procédés de microtechnologies. Ils sont constitués de deux ailes élastiques en polymère SU8, d'envergure environ 3cm, qui sont fixées sur un thorax de 5mm de diamètre, par deux articulations souples. Les ailes sont actionnées par un dispositif électromagnétique (un aimant collé sur les ailes et un anneau de cuivre fixé sur le thorax, dans lequel circule le courant d'actionnement), sur une de leur résonance, pour générer des battements de grande amplitude nécessaires à leur décollage. Le cœur de cette étude est de concevoir la structure élastique des ailes (des films de Parylen associés à des raidisseurs élancés de SU8) pour permettre un couplage entre des résonances de flexion et de torsion nécessaire à la génération de la portance.*

Une modélisation des ailes du nano-drone par des poutres d'Euler-Bernoulli, permettant d'évaluer l'influence des différents modes vibratoires présents dans la structure ainsi que sa validation expérimentale, seront présentées. Nous montrerons ensuite comment le couplage entre un mode de flexion et un mode de torsion a permis d'obtenir la cinématique de mouvement des ailes recherchée. Enfin, nous analyserons les mesures de portance effectuées sur les prototypes réalisant ce mouvement et discuterons des optimisations à apporter pour réaliser le vol.

Mots-clés : Nano-drone, ailes vibrantes, microtechnologies.

The skateboard speed wobble

Marco Rosatello^a, Jean-Luc Dion, Franck Renaud, Luigi Garibaldi

Supméca, Politecnico di Torino

a. marco.rosatello@supmeca.fr

Résumé : *The speed wobble is a phenomenon in nonlinear dynamics that can occur in many vehicles such as bicycles, motorbikes, skateboards and airplanes nose landing gears. The dynamic instability affects the steerable wheels of a vehicle and can lead to the loss of control. While for bikes, motorbikes and airplanes the dynamics and causes of the wobble are well known and the literature fully describes the subject, for the skateboard the literature is very poor and there is no paper which investigates this type of instability.*

In order to do that, the skateboard equations of motion were obtained through Lagrange formalism and Lagrange multipliers method was used to solve the non-holonomic constraints. A parametric stability study was carried out on the linearized equations of motion and the influence of different skateboard parameters was investigated. The main discovery is that the wobble doesn't strictly depend on the skateboard configuration, but the human control characteristics are predominant in the vehicle dynamics. In fact, the human balance control was applied to the skateboard and a parametric study was carried out in order to investigate the skateboard-skater parameters that have an influence on the human balance.

The project was carried out during a stage at Supméca as the Master Thesis for my Master Degree in Mechanical Engineering at the Polytechnic of Turin (Italy).

Mots-clés : NaN

5.4 Session IV - Vendredi 6 Novembre - 11h00

- 1) **Charlie Bricault**, IRT Jules Verne, LAUM, LTDS ECL, Diminution du bruit rayonné par une paroi par shunt à capacité négative
- 2) **William Gousseau**, LVA INSA Lyon, SAFRAN Snecma, Vibration signature evolution of an aircraft engine rotating at low speed with a damaged bearing
- 3) **Julien Poittevin**, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, Holographie optique numérique ultra-rapide : un outil métrologique pour les applications vibroacoustiques
- 4) **Zakia Bazari**, LTDS ECL, IFSTTAR, Modélisation dynamique du contact entre un pneumatique et une chaussée
- 5) **Sylvain Amailland**, LAUM, DGA, Caractérisation de sources acoustiques par imagerie en écoulement d'eau confiné
- 6) **Omar Baho**, Ecole centrale de Lyon, LTDS, FST FES, EMI, A new approach to optimize the model density and transmission loss of honeycomb panels
- 7) **Pascal Fossat**, ENTPE, LTDS ECL , Homogénéisation périodique de structures composites à résonances internes
- 8) **Guillaume-David Leguet**, Roberval UTC, ZADS, Modélisation du comportement dynamique de tuyauteries pressurisées de moteur d'avion avec joints d'expansion
- 9) **Alexandre Lardeau**, DRIVE ISAT, Acoustic Research Centre Salford, GAUS , Conception et caractérisation acoustique de matériaux perforés comprenant des pores dead-end périodiques
- 10) **Mohamed Krifa**, DMA FEMTO-ST, Quantification of error estimation of modal damping by a perturbation method
- 11) **Khaoula Chikhaoui**, DMA FEMTO-ST, ENSIT, Robust design of nonlinear systems : model reduction and uncertainty propagation
- 12) **Hadrien Tournaire**, IRT SystemX, Analyse modale d'un système à l'aide de modes libres de composants et d'une interface réduite
- 13) **Adrien Goeller**, Supméca - Institut Supérieur de Mécanique de Paris, Vannier-Kinoptik , Real time video measure and stochastic model identification

Diminution du bruit rayonné par une paroi par shunt à capacité négative

Charlie Bricault^a, Charles Pézerat, Manuel Collet

IRT Jules Verne, LAUM, LTDS ECL

a. charlie.bricault@univ-lemans.fr

Résumé : *L'allègement des structures est un enjeu économique important dans les domaines d'activités industrielles telles que l'automobile, l'aéronautique ou le naval, qui intègrent peu à peu les matières composites dans la fabrication des structures. Cet allègement s'accompagne d'un raidissement de la matière qui implique des problèmes de vibrations et d'isolation acoustique. Plusieurs méthodes de traitement existent pour diminuer les vibrations ou le bruit rayonné d'une paroi, mais ces méthodes ont l'inconvénient d'augmenter significativement la masse de la paroi.*

Afin de répondre à cette problématique, on propose de modifier le comportement dynamique des structures à partir d'un réseau périodique de patches piézoélectriques reliés entre eux par un circuit électrique dont il est possible de maîtriser l'impédance. En contrôlant ainsi le comportement dynamique des patches piézoélectriques, il est possible de contrôler le comportement vibratoire de la structure et donc de traiter les problèmes de transmissions solidiennes ou de transmissions aériennes.

Cette présentation donnera dans un premier temps quelques notions sur l'influence du shunt à capacité négative sur le couplage électromécanique entre une structure et un patch piézoélectrique. Ce type de shunt électrique, largement utilisé pour diminuer les ondes vibratoires d'une structure, semble être une technique intéressante pour diminuer aussi les ondes acoustiques générées par les vibrations d'une paroi. Cette présentation montrera les premiers résultats obtenus dans l'étude de la diminution des vibrations et du rayonnement acoustique des parois.

Mots-clés : NaN

Vibration signature evolution of an aircraft engine rotating at low speed with a damaged bearing

William Gousseau^a, Julien Griffaton
LVA INSA Lyon, SAFRAN Snecma

a. william.gousseau@insa-lyon.fr

Résumé : *Aircraft engine, while in operation, is a strongly noisy system. Its rotating speed variations are so important and its architecture is so complex that it makes bearing monitoring based on vibration analysis very complicated. In such highly noisy environment, studies have been done to choose the best operating modes that offer the best bearing damage detection while minimizing noise sensitivity. Vibration analyses for damage detection in bearings in such conditions have already been done and give some promising result. The detection algorithm performing this analysis has proved its efficiency despite of the noisy environment, position of accelerometers, and non stationary of the rotating speed. Commonly this detection occurred during aircraft phases -only at high rotating speed. Start and shutdown stages are not considered as points of interest.*

This paper presents study of detection potential in the non considered operating modes of the engine : engine shutdown. This study shows vibration analysis during the shutdown stage and demonstrates its advantages for the bearing detection :

- *signals appear much less noisy (no more combustion, few aerodynamic),*
- *the bearing clearance naturally tightens,*
- *acquisition system has a limited bandwidth : in low rotating speed the characteristic frequencies of a damaged bearing are lower hence producing more prominent harmonics*

Vibration analysis at low rotating speed (engine start or engine shutdown) has brought out the evolution of the harmonics due to evolution of bearing's damage. Endurance tests of engine with initial damaged bearing, at a low rotating speed, have shown that harmonics appear first at high frequencies. Then, with the damage evolution, the amplitude of high harmonics decreases and "slides" toward first harmonics, whose amplitude increases.

Mots-clés : aircraft engine, vibration, diagnosis, bearing, prognosis.

Holographie optique numérique ultra-rapide : un outil métrologique pour les applications vibroacoustiques

Julien Poittevin^a, Pascal Picart, François Gautier, Charles Pézerat
Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine

a. julien.poittevin@univ-lemans.fr

Résumé : *Les vibrations des structures sont en général de nature complexe dans des conditions de fonctionnement opérationnel. Une analyse des champs vibratoires dans l'espace et dans le temps est souvent souhaitée. De façon usuelle, cette analyse est menée en utilisant des accéléromètres ou un vibromètre-laser. Ces deux techniques fournissent des mesures ponctuelles. Nous proposons une nouvelle approche basée sur l'utilisation de l'holographie optique numérique couplée à une caméra ultra-rapide. Cette technique interférométrique permet de fournir des mesures sans contact et plein champ avec une haute résolution spatiale et temporelle.*

Le montage expérimental utilise un laser continu de haute puissance (> 1 Watt) et un capteur CMOS à haute vitesse d'acquisition (> 10000 images/seconde).

Les avantages de l'approche proposée sont présentés au moyen de plusieurs démonstrateurs expérimentaux utilisant des conditions opérationnelles variées : sources excitatrices mobiles dans l'espace et le temps (excitation vibratoire par frottement-essuie-glace), et source transitoire localisée dans l'espace (régime de choc).

Les résultats expérimentaux obtenus sur des structures simples (plaque) et complexes (système muni d'un trou noir acoustique) montrent la possibilité de suivi spatio-temporel du front d'onde vibratoire et de son interaction avec la structure (bords ou trou noir).

Mots-clés : Holographie numérique, plein champ, sans contact, vibroacoustique, métrologie.

Modélisation dynamique du contact entre un pneumatique et une chaussée

Zakia Bazari^a, Alain Le Bot, Philippe Klein, Joël Lelong
LTDS ECL, IFSTTAR

a. zakia.bazari@doctorant.ec-lyon.fr

Résumé : *Le bruit de contact pneumatique chaussée joue un rôle important dans la nuisance sonore. En effet, à partir d'une vitesse de 50 km/h le bruit de roulement devient prépondérant devant les autres sources de bruit : le bruit du groupe motopropulseur et le bruit aérodynamique. Le bruit de roulement résulte de l'interaction mécanique entre les aspérités de la chaussée et les pains de la bande de roulement. A l'issue cette interaction, des forces compressives apparaissent pour repousser les deux corps en contact. Ces forces conduisent à la vibration du pneumatique. Ces vibrations sont à l'origine du bruit rayonné. L'objectif est de comprendre les mécanismes générateurs de ce bruit, et de prédire les forces de contact et les vitesses vibratoires induites.*

Le pneu est modélisé par une plaque orthotrope sous tension sur fondation élastique. Le problème de contact est traité par deux modèles. Le premier se base sur une décomposition modale de la réponse dynamique du pneu en contact avec la chaussée. L'équation aux dérivées partielles régissant le mouvement de la plaque orthotrope est réduite à un système d'équations différentielles ordinaires dans la base modale. Dans le second modèle, la méthode des fonctions de Green est appliquée. Dans cette approche, la réponse est calculée par un produit de convolution entre la fonction de Green et les forces de contact.

Dans les simulations numériques, on introduit comme donnée les textures de la chaussée évaluées à partir de mesures sur une longueur approximative de 6 m. Les résultats de cette étude concernent l'évolution des forces de contact exercées sur le pneumatique, l'évolution temporelle de la vitesse vibratoire du pneumatique, l'influence de la vitesse sur le niveau des vibrations et des forces ...

Mots-clés : Modélisation, bruit de roulement, force de contact, pneumatique/chaussée.

Caractérisation de sources acoustiques par imagerie en écoulement d'eau confiné

Sylvain Amailland^a, Jean-Hugh Thomas, Romuald Boucheron, Charles Pézerat,
Jean-Claude Pascal
LAUM, DGA

a. sylvain.amailland@univ-lemans.fr

Résumé : *La réduction du bruit hydrodynamique naval est un domaine qui concerne la Marine militaire, pour la discrétion acoustique des navires de surface et des sous-marins, ainsi que la Marine civile pour le développement de navires de recherches océanographiques ou sismiques silencieux.*

L'objectif de ce projet de recherche est de quantifier et localiser les sources acoustiques des propulseurs marins dans un tunnel hydrodynamique, situé au Bassin d'Essais de Carène de Val-de-Reuil, à l'aide d'un réseau d'hydrophones monté en paroi du tunnel. Le sujet de la thèse peut se décomposer en trois problématiques : quantification et localisation des sources de bruit, prise en compte de l'écoulement d'eau et séparation entre le champ direct et les réflexions.

La difficulté du projet réside dans la résolution du problème inverse dans un environnement réverbérant et fortement bruité. La propagation acoustique dans le tunnel est décrite à travers une approche modale tandis que le bruit de couche limite en paroi du tunnel est simulé par un modèle statistique de pression pariétale (Corcos/Goody).

La méthode d'imagerie présentée repose sur une approche Bayésienne qui prend en compte un a priori plus au moins parcimonieux sur les sources (a priori de type Gaussienne généralisée). Cette approche est comparée à la méthode de déconvolution DAMAS, qui exploite l'algorithme Gauss-Seidel, à travers des simulations numériques simples.

Mots-clés : Tunnel hydrodynamique, sources acoustiques, méthode inverse, imagerie, déconfinement, formation de voies, déconvolution.

A new approach to optimize the modal density and transmission loss of honeycomb panels

Omar Baho^a, M. Ichchou, B. Harras, R. Benamar
Ecole centrale de Lyon, LTDS, FST FES, EMI

a. omar.alich@gmail.com

Résumé : *Honeycomb core sandwich panels are widely used in designing the structure of the aerospace industry. These panels typically feature orthotropic alveolar cores bonded to high modulus laminate skins. Generally, commercial varieties of honeycomb core sandwich panels are optimized for mechanical and weight constraints. As a result of this, a sandwich panel can be lightweight and designed to carry high mechanical loads. However, it tends to be poor when it comes to acoustic attenuation.*

The aim of the present work is to find a periodic optimal geometry of the honeycomb core. The suggested design strategy reported here is an optimization procedure involving two scales : the meso-scale for the unit cell of the honeycomb panel and the macro-scale for the whole panel. To this purpose, an analytical homogenization technique was developed to determine the effective properties of the honeycomb structure along with a comparison with existing models. Also, a sensitive analysis in terms of the geometrical parameters of the unit cell has been conducted. Then, the modal density and transmission loss of honeycomb panel was predicted using the macro homogenized parameters.

Mots-clés : Optimization, modal density, transmission loss, homogenization, Sensitivity analysis.

Homogénéisation périodique de structures composites à résonances internes

Pascal Fossat^a, C. Boutin, M. Ichchou

ENTPE, LTDS ECL

a. pascal.fossat@entpe.fr

Résumé : *La conception de matériaux composites aux caractéristiques vibro-acoustiques optimisées conduit à des structures très hétérogènes. Ces structures composites combinent plusieurs matériaux ayant des propriétés différentes, et présentent souvent une structure périodique e.g. panneaux alvéolés, plaques raidies, treillis de poutres. Les structures pour lesquelles la cellule unitaire présente de forts contrastes mécanique et géométrique sont difficiles à modéliser numériquement. Cette limitation apparaît en régime statique et devient problématique en régime dynamique, où le phénomène de résonance interne peut se manifester. La résonance interne intervient lorsque le milieu présente une dynamique aux niveaux micro- et macroscopique simultanément. Dans ce cas, le comportement dynamique global présente des bandes de fréquences où le paramètre de masse effective est singulier. La réduction de modèle par homogénéisation est un moyen de décrire ces situations et de définir explicitement le comportement macroscopique.*

Le cas d'une plaque raidie par des poutres régulièrement espacées est présenté. Le comportement d'une cellule unitaire constituée d'une poutre couplée à une plaque est étudié par homogénéisation suivant une analyse asymptotique multi-échelle. Cette méthode permet une représentation pertinente des principaux mécanismes physiques mis en jeu aux différentes échelles. L'analyse dimensionnelle fournit les paramètres géométriques et mécaniques favorables à la résonance interne. Un modèle analytique en flexion cylindrique en situation de résonance interne est d'abord obtenu à partir des équations de l'élasticité linéaire appliquées à une cellule. Un modèle en flexion globale est ensuite présenté. La résolution du problème dans le domaine fréquentiel mène aux équations de dispersion et permet d'identifier sous forme analytique les bandes interdites associées à la structure.

Mots-clés : Homogénéisation asymptotique, plaque raidie, structures périodique, résonance interne.

Modélisation du comportement dynamique de tuyauteries pressurisées de moteur d'avion avec joints d'expansion

Guillaume-David Leguet^a, Mohamed-Ali Hamdi, Mohamed Rachik, Jean François Roche
Roberval UTC, ZADS

a. guillaume-david.leguet@utc.fr

Résumé : *Zodiac Aero Duct Systems (ZADS), du groupe ZODIAC AEROSPACE, est un équipementier aéronautique, spécialisé dans les tuyauteries pneumatiques. Les lignes de tuyauteries ont plusieurs fonctions dont la pressurisation cabine et le dégivrage des ailes. Dans ce but, l'air est prélevé sortie compresseur à haute température (jusqu'à 700°C) et forte pression (10 à 30 bars). Les conditions de fonctionnement engendrent des contraintes sur la ligne de tuyauterie. Pour pallier à ce problème, ZADS ajoute des éléments de liaisons qui se comportent comme des rotules. Cependant, ces éléments donnent plus de flexibilité au système, ce qui augmente les risques de rupture par fatigue liés aux masses apportées par les vannes électro commandés, dont la fonction est de réguler les flux.*

Pour être conforme, les lignes de tuyauteries sont soumises à une batterie de tests. Dans le cadre des vibrations, le système est soumis à un spectre (sinusoïdal ou aléatoire) défini par la RTCA, norme aéronautique, qui est fonction de plusieurs critères, dont la catégorie du test (fonctionnement, normal, endurance, fonctionnement anormal,..).

Avant le test, le système modélisé, est étudié, afin de trouver le compromis entre position, nombres d'éléments de liaison et fréquences propres, afin que la structure ne soit pas excitée sur ses fréquences de résonances en fonctionnement. Cependant, ces éléments ont un comportement non-linéaire, qui limite l'utilisation de l'analyse modale lors du dimensionnement.

Le but de la thèse est de mettre en place une méthodologie et un logiciel de calcul pour étudier numériquement et expérimentalement le comportement des éléments de liaison et prévoir par calcul la réponse dynamique de toute la ligne de tuyauterie afin de :

- Vérifier sa bonne tenue mécanique
- Réduire les délais et coûts liés au respect de la conformité des lignes de tuyauteries

Expérimentalement, l'objectif est d'isoler les éléments non-linéaires puis d'en extraire les paramètres à partir d'une identification des non-linéarités. Puis, d'utiliser ces données pour le calcul numérique. La phase finale, est de vérifier l'intégrité de la structure, dans l'optimum, par les méthodes spectrales.

Mots-clés : Vibrations, non-linéaire, aéronautique, tuyauteries.

Conception et caractérisation acoustique de matériaux perforés comprenant des pores dead-end périodiques

Alexandre Lardeau^a, Philippe Leclaire, Thomas Dupont, Alan Geslain, Olga Umnova, Raymond Panneton
DRIVE ISAT, Acoustic Research Centre Salford, GAUS

a. alexandre.lardeau@gmail.com

Résumé : *Il est connu que les performances d'absorption et d'isolation sonore des matériaux poreux et fibreux sont assez bonnes en moyennes et hautes fréquences. En général, le problème pour les basses fréquences est que l'énergie acoustique ne peut être absorbée que pour une grande épaisseur de matériau. Une solution récemment envisagée pour s'affranchir de cette contrainte, c'est-à-dire diminuer l'épaisseur du matériau utilisé, est d'inclure des pores dead-end (DE) dans un matériau perforé ou dans un matériau poreux. Ces pores DE peuvent être des résonateurs de type quart d'onde, Helmholtz ou présenter des géométries plus complexes. Pour des résonateurs de petite dimension (de l'ordre ou inférieur au cm) par rapport aux longueurs d'ondes, leur disposition périodique suivant la direction de propagation de l'onde [1] permet, avec un nombre suffisant de périodes, d'induire un phénomène de « slow sound » ou onde ralentie [2]. Ce dernier est lié à une augmentation sensible de la compressibilité du fluide équivalent et est à l'origine d'effets d'absorption très basses fréquences, bien inférieures aux fréquences propres des résonateurs. Ces matériaux sont modélisés avec le formalisme des matrices de transfert ou par l'analyse de leurs relations de dispersion avec une approximation basses fréquences. L'optimisation des paramètres géométriques du matériau perforé rigide comportant le long des perforations des pores DE périodiques est la première étape de ce projet de recherche. Cette optimisation est contrainte par les limites de précision des outils de fabrication telles que l'imprimante 3D et les machines-outils. Une fois ces matériaux réalisés, leurs différents indicateurs acoustiques seront mesurés. L'utilisation d'un tube à impédance permet de mesurer l'absorption acoustique en incidence normale, l'indice d'affaiblissement, mais aussi les grandeurs macroscopiques équivalentes. Des mesures en incidence oblique et avec un fort niveau acoustique sont aussi prévues. Enfin, les paramètres équivalents des matériaux (résistivité, porosité, tortuosité) seront mesurés à l'aide de différentes techniques déjà existantes mais le développement de nouvelles méthodes de caractérisation sera également un axe important de ce projet de recherche.*

[1] P. Leclaire, O. Umnova, T. Dupont and R. Panneton, Acoustical properties of air-saturated porous material with periodically distributed dead-end pores, *J. Acoust. Soc. Am.* 137, 1772 (2015)

[2] J.-P. Groby, W. Huang, A. Lardeau, et Y. Aurégan, The use of slow sound to design simple sound absorbing materials, *Journal of Applied Physics*, 117 : 124903, (2015)

Mots-clés : Pores dead-end, absorption acoustique, structures périodiques.

Quantification of error estimation of modal damping by a perturbation method

Mohamed Krifa^a, Nouredine Bouhaddi, Gaël Chevallier, Scott Cogan
DMA FEMTO-ST

a. mohamed.krifa@femto-st.fr

Résumé : *The challenge of this study is the evaluation of the damping in structures with localised dissipations. Proportional damping is usually assumed even if it provides inaccurate results when compared with damping of real structures. Bearing this in mind, we present in this research a thorough study which was performed to investigate the validity domain of some classical methods in the case of localised dissipation. To achieve this goal, a perturbation approach in the steady state regime under harmonic excitation has been proposed. While validity of the approach is confirmed, the effects of the coupling terms in the damping matrix is shown. This method helps to quantify a posteriori the error induced by modal damping assumption.*

Mots-clés : Modal damping, perturbation method, jointed structures.

Robust design of nonlinear systems : model reduction and uncertainty propagation

Khaoula Chikhaoui^a, N. Kacem, N. Bouhaddi, M. Guedri, M. Soula
DMA FEMTO-ST, ENSIT

a. khaoula.chikhaoui@femto-st.fr

Résumé : *To design large-scale systems in presence of parametric uncertainties and localized nonlinearities, it is necessary to combine robust model reduction and uncertainty propagation methods. The implementation of the generalized Polynomial Chaos Expansion (gPCE) to propagate uncertainties requires high computational cost. In fact, the non-intrusive regression method used to compute the gPCE coefficients is based on the successive Latin Hypercube Sampling (LHS) evaluations for which the numerical cost depends on the size of FE models, the number of uncertain parameters and nonlinearities. To overcome this issue, we propose to propagate uncertainties through a robust reduced order model which is based on the enrichment of the standard condensation basis using static residuals taking into account the stochastic aspect and the localized nonlinear effect. This model is extended to the Craig-Bampton component mode synthesis approach. The efficiency, in terms of accuracy and time consuming, of the proposed method is evaluated on the nonlinear time response of a periodic structure composed of several coupled-beams containing localized nonlinearities and stochastic design parameters.*

Mots-clés : NaN

Analyse modale d'un système à l'aide de modes libres de composants et d'une interface réduite

Hadrien Tournaire^a, Franck Renaud, Jean-Luc Dion
IRT SystemX

a. hadrien.tournaire@edu.supmeca.fr

Résumé : *L'utilisation de méthodes de réduction de modèle est aujourd'hui répandue dans le monde de l'industrie, ce qui permet entre autre d'écourter les phases de conception d'un produit, notamment lors de son analyse modale. Cependant, l'intérêt d'une telle approche est parfois détériorée par des interfaces de contact conséquentes entre les composants et par un manque de réutilisabilité des bases de réduction construites.*

Dans cette présentation nous nous concentrons sur le développement d'une méthodologie pour la construction de modèles réduits destinés à l'analyse modale, projetés dans des bases dont les tailles ne sont pas liées au raffinement des interfaces entre les composants. En raison du contexte de conception dans lequel est construit le modèle réduit, un intérêt particulier est porté sur l'utilisation des modes propres libres des composantes dans les bases de réductions générées.

Dans la dernière partie de cet exposé la méthodologie de réduction proposée est appliquée sur une pale de moteur d'avion de type openrotor, puis est confrontée à la méthode de Craig et Bampton. Cette comparaison met en avant un gain en termes de compacité et de qualité des modèles réduits par rapport à la méthode de Craig et Bampton.

Mots-clés : Analyse modale, modes de composants, réduction d'interface.

Real time video measure and stochastic model identification

Adrien Goeller^a, Jean-Luc Dion, Thierry Soriano, Bernard Roux
Supméca - Institut Supérieur de Mécanique de Paris, Vannier-Kinoptik

a. adrien.goeller@supmeca.fr

Résumé : *The instrumentation of a bench can be very intrusive in the context of dynamic studies. Some methods are performing contactless in order to remove the dynamic influence of a sensor on the system observation.*

The aim of this work is to develop a specific simple solution based on cameras, adapted for systems which have a known scenario and can be described by dynamic models. The solution enables a real time assessment of hidden parameters deduced from the model and the measurement of observable parameters. Developed in the Kalman filters framework, the solution is able of prediction and augmented reality for an interactive use.

The results presented are from an application of those concepts on a sliding ruler on a table. The experiment aims to assess the estimation of the friction forces coefficient of the ruler and the prediction of its stop position.

Mots-clés : NaN

7 Contacts

En cas de problème, merci de contacter l'organisation :

- Pauline Butaud +33 6 77 47 40 10
- Paul Lépine +33 6 42 71 03 63
- Romain Viala +33 6 43 80 92 38
- Kévin Billon +33 6 10 28 95 40

Jjcab 2015



©Architecture Groupe 6 - Photo Luc Boegly

